

Déterminisme du ruissellement et de l'érosion hydrique de la parcelle au versant en milieu méditerranéen marneux

M. SAUVADET¹, D. RACLOT¹, A. BEN SLIMANE² & Y. LE BISSONNAIS¹

(Reçu le 15/01/2012; Accepté le 15/03/2012)

Résumé

La lutte contre l'érosion hydrique passe par une meilleure compréhension et modélisation des mécanismes en jeu depuis les zones « source » jusqu'aux zones de dépôt des sédiments. Ce papier présente et analyse 4 années de mesures du ruissellement et de l'érosion au niveau de trois stations de mesures construites sur le bassin versant de Kamech (Cap Bon, Tunisie) à l'exutoire d'une parcelle agricole (1.32 ha), d'une ravine (1.37 ha) et du micro-bassin (15.2 ha) englobant la parcelle et la ravine. L'objectif de ce papier est de tester les facteurs déterminants du ruissellement et de l'érosion sur chaque site et de comparer le fonctionnement hydro-érosif entre les trois stations. Les résultats montrent un comportement hydrologique et érosif très similaire aux trois échelles. Le ruissellement apparaît principalement guidé par la dynamique de fermeture des très nombreuses fentes de retrait qui apparaissent chaque été sur le bassin. De bonnes corrélations linéaires entre pluie et lame ruisselée ont pu être établies sur les trois stations en différenciant les périodes avant et après le cumul de pluie de 250 mm. Les masses érodées présentent de bonnes corrélations avec les débits maximaux (R^2 entre 0.64 et 0.97) et avec les masses érodées aux autres stations (R^2 de 0.88 à 0.96). Grâce à ces relations, les masses érodées ont pu être reconstituées pour les événements ruisselants sans données d'érosion mesurées, ces événements contribuant à moins de 20% des bilans érosifs. Sur les 4 années de mesure, les taux d'érosion atteignent 29.2 t/ha/an pour la parcelle, 38.4 t/ha/an pour la ravine et 22.1 t/ha/an pour le microbassin. Les différences de taux d'érosion s'expliquent principalement par i) la contribution des flancs de la ravine mesurées par des suivis topographiques, ii) la présence au sein du microbassin de zones de parcours (3.6 ha) peu productrices de sédiments.

Mots-clés: Observatoire OMERE, érosion hydrique, échelles emboîtées, facteurs déterminants, effet d'échelles.

INTRODUCTION

Les forts bouleversements qu'a connus la Tunisie au cours de ce siècle (accroissement démographique considérable, multiplication par 4 des surfaces cultivées entre 1920 et 1990 par des campagnes de défrichement massif) a fortement aggravé le phénomène d'érosion hydrique qui touche plus de 3 millions d'hectares alors que ce pays ne compte que 4.5 millions d'hectares réellement cultivables (Achouri, 1995). Il est primordial pour ce pays d'accroître ses connaissances sur ce phénomène afin d'enrayer l'envasement des centaines de grands barrages tunisiens, piliers du développement socio-économique du pays (Albergel *et al.*, 2005). Mise en eau en 1994 pour une capacité initiale de 142 000 m³, la retenue de Kamech fait partie d'un réseau de 11 lacs collinaires construits en amont du grand barrage du Lebna (achevé en 1986 pour une capacité initiale de 30 millions de m³) pour mobiliser les eaux de surface et intercepter les sédiments produits par le bassin versant (ORE OMERE, 2010). Dès sa mise en eau, Kamech a été intégré à un réseau pilote d'une trentaine de retenues faisant l'objet d'un suivi en terme de bilan hydrologique et de risque d'envasement dans le cadre d'une convention entre la DG ACTA-CES et l'IRD Tunis. Depuis 2002, la retenue fait partie d'un Observatoire de Recherche en Environnement (ORE) nommé OMERE (Observatoire de Recherches de l'Environnement Rural et de l'Eau, <http://www.umar-lisah.fr/omere>).

Dans ce papier, nous étudions les phénomènes de ruissellement et d'érosion sur trois sites du bassin versant : une parcelle cultivée (1.32 ha), une ravine (1.37 ha) et le microbassin qui intègre ces deux unités (15.2 ha). Les données étudiées ont été récoltées sur quatre années, de septembre 2005 à septembre 2009. L'objectif de ce papier est de déterminer les facteurs du ruissellement et de l'érosion à chaque station et de comparer le fonctionnement hydro-érosif entre les trois stations. Pour cela les relations entre pluie, ruissellement et érosion ont été établies aux trois stations à l'échelle de l'événement, et les données mesurées à chaque station ont été comparées et discutées sur une base événementielle et annuelle.

MÉTHODOLOGIE

Le site d'étude

Le bassin versant de Kamech (2.63 km²) est situé dans une région agricole du Nord de la péninsule du Cap Bon, à l'Est de la Tunisie. Le climat est méditerranéen semi-aride à sub-humide avec une saison sèche qui dure d'avril à septembre. La pluviométrie annuelle moyenne est de 650 mm, avec une forte variabilité inter-annuelle, pour une évapotranspiration potentielle moyenne de 1500 mm. Les formations géologiques du bassin versant sont essentiellement constituées de marnes

¹ UMR LISAH, Montpellier, France; damien.raclot@ird.fr

² INAT, Tunis, Tunisie; Abir.Ben-Slimane@supagro.inra.fr

et d'argilites associées à de minces bancs gréseux ferruginisés avec des pendages monoclinaux Sud-Est de 20 à 50°. Les sols de l'impluvium cultivé des trois sites sont des sols calcimagnésiques, carbonatés, bruns calcaires à nodules calcaires sur marnes, vertiques et hydromorphes (Zante *et al.*, 2005). Ce sont des sols très lourds (composition granulométrique à 65% d'argile) qui sont parcourus de fentes de retraits très profondes (jusqu'à 1 m) au sortir de la saison sèche. La pente moyenne sur les trois sites est très proche de 10 %. Tous les espaces arables du bassin versant sont mis en culture (Jenhaoui *et al.*, 2008), soit près de 70 % de la superficie du site, dont 85% sont exploités en cultures annuelles (céréales et légumineuses). Dans ce papier trois stations de mesure situées sur un versant de Kamech sont considérées (Figure 1 et 2) : une parcelle agronomique de 1.32 ha, une ravine de 1.37 ha et un microbassin qui englobe ces deux échelles de 15.2 ha. La station de la ravine contrôle une ravine de 1700 m² et un impluvium cultivé de 1.2 ha. Le microbassin quant à lui est composé de parcelles cultivées (10.9 ha), de zones de parcours (3.6 ha) et de ravines (0.7 ha).

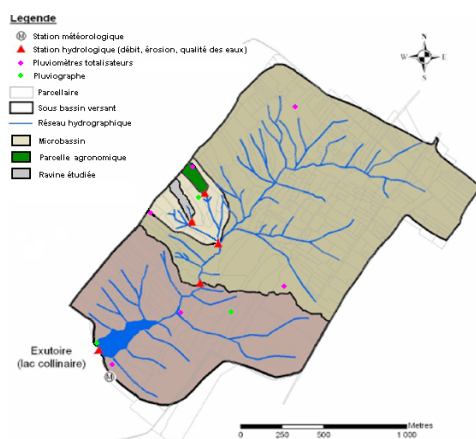


Fig. 1. Les dispositifs de mesures sur Kamech

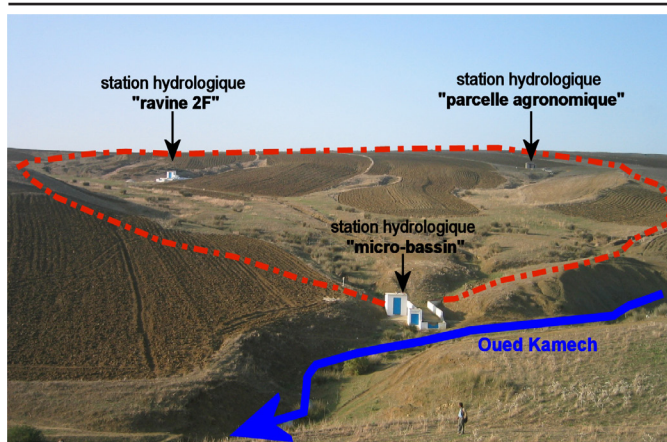


Fig. 2. Le micro bassin versant expérimental en rive droite de l'oued Kamech (photo : D. Raclot, 18/11/2005)

Données

Les pluies sont suivies par un réseau de pluviomètres et trois pluviographes à augets basculeurs (0.5 mm) répartis sur le bassin versant. Chaque station hydrologique est équipée de deux capteurs de hauteurs d'eau qui permettent de mesurer le débit en continu au droit de déversoirs (pour les faibles débits) et de canaux rectangulaires en béton (pour les forts débits). Le transport solide est estimé à partir de mesures de concentration des eaux en matières en suspension grâce à des préleveurs automatiques 24 flacons (type SIGMA 900) asservis aux débits. La masse érodée est calculée en intégrant les concentrations obtenues par rapport aux volumes écoulés.

Un suivi des états de surfaces est réalisé selon le protocole de Andrieux (2007) une à deux fois par mois sur la totalité des parcelles cultivées de l'impluvium du microbassin. Ces relevés concernent notamment les principales caractéristiques liées à la couverture du sol (cailloux, végétation), sa rugosité, et son faciès (présence de fentes de retrait, présence de croûte de battance ou d'érosion...).

Analyses de données

L'analyse porte sur les crues survenues entre les années hydrologiques 2005-2006 et 2008-2009. (1^{er} année hydrologique commençant le 1^{er} septembre). Le début de la crue est fixé au début de la pluie génératrice, elle est terminée lorsqu'il ne subsiste plus qu'un écoulement résiduel d'origine hypodermique. 84 crues ont ainsi été identifiées au cours de ces 4 années (Tableau 1). Les caractéristiques des pluies et du ruissellement ont été enregistrées pour pratiquement toutes les crues. En revanche les préleveurs automatiques ont été calibrés pour suivre de manière précise les crues les plus érosives au détriment des crues les moins importantes : le nombre de crues avec des informations sur l'érosion est relativement faible (20 à 40% des crues selon les stations) mais représentent plus de 80% du bilan érosif de ces 4 années.

Les crues ont été décrites par les variables suivantes : (i) la hauteur de pluie précipitée (en mm); (ii) le cumul de pluie depuis le début de l'année hydrologique (Pcum en mm); (iii) l'intensité maximale de pluie sur une période de 5 minutes (I5max en mm/h); (iv) la lame ruisselée (en mm); (v) le coefficient de ruissellement (en %); (vi) le débit maximal spécifique (en l/s/ha); (vii) la concentration moyenne en sédiments (en g/l); (viii) la masse érodée spécifique (en t/ha).

Les observations des états de surface sont synthétisées en un indice d'infiltrabilité selon les méthodes développées

Tableau 1. Nombre de crues utilisées pour les différentes analyses (l'analyse multiéchelle identifie les crues pour lesquelles les données sont disponibles simultanément aux trois stations)

Nombre de crues délimitées entre 2005 et 2008	Nombre de crues avec des données sur le ruissellement				Nombre de crues avec des données sur l'érosion			
	Parcelle	Ravine	Microbassin	Analyse multiéchelle	Parcelle	Ravine	Microbassin	Analyse multiéchelle
84	83	82	80	77	35	23	29	17

par Cerdan *et al.* (2001) et en un indice de couvert qui prend en compte le pourcentage de surface sous couvert (culture, litière, chaumes, pierrosité...).

Les relations entre les variables ont été analysées en utilisant les méthodes classiques d'analyse statistique (régression linéaire, corrélations de Pearson...). Les données ont dans un premier temps été étudiées station par station, puis comparées entre les sites et reconstituées pour les événements non mesurés aux stations hydrologiques.

RESULTATS

Comportement ruisselant des sites au cours de l'année hydrologique

L'analyse du ruissellement a révélé deux comportements très hétérogènes au cours de l'année hydrologique. Les crues se produisant avant un cumul de pluie de 250 mm ruissellent très peu (lame ruisselée inférieure à 8 mm) aux trois stations quelles que soient les caractéristiques des pluies (intensités, hauteurs...) ou les états de surfaces (sols fraîchement labourés, surfaces fermées sans fente de retrait visible en surface...), alors qu'en seconde période les lames peuvent être très élevées (jusqu'à 80 mm). Une telle transition correspondrait au moment où le taux de saturation du sol atteint 50% (Mekki, 2003). Cette capacité de rétention d'eau dans les substrat argilo-calcaire a déjà été identifiée dans le Nord ouest de la Tunisie sous climat humide par Ibiza (1982) avec une valeur de rétention de 170 mm. Plus généralement, les fentes de retrait s'estompent en surface pour un cumul de pluie d'environ 200 mm (HYDROMED, 2001).

Il nous a donc paru nécessaire de séparer l'analyse du ruissellement et de l'érosion en deux groupes : les crues survenues avant et après le cumul des pluies de 250 mm, qui se situe vers les mois de décembre-janvier. Les 84 crues mesurées se divisent en 28 crues qui surviennent à un cumul de pluie inférieur à 250 mm et 56 crues avec un cumul de pluie supérieur à cette valeur. La moyenne des intensités de pluies en première période est deux fois plus élevée pour une durée moyenne deux fois plus courte ; les moyennes des hauteurs précipitées sont les mêmes au cours de ces deux périodes.

Tableau 2. R² des régressions linéaires des variables de ruissellement en fonction de la variable de pluie la plus corrélée (: Corrélation significative à 99%)**

	Lame ruisselée = f(hauteur précipitée)		Débit max spécifique = f(I15max)	
	Pcum < 250 mm	Pcum > 250 mm	Pcum < 250 mm	Pcum > 250 mm
Parcelle	0.04	0.82**	0.39**	0.37**
Ravine	0.57**	0.76**	0.61**	0.41**
Microbassin	0.44**	0.86**	0.55**	0.45**

Tableau 3. R² des régressions linéaires des variables d'érosion en fonction de la variable de pluie ou de ruissellement la plus corrélée (statistiques calculée sans les 4 crues exceptionnelles ayant généré des rigoles; **: relation significative à 99%; * : relation significative à 95%)

	Concentration moyenne en sédiments = f(I15 max)		Masse érodée spécifique = f(Débit max spécifique)	
	Couvert < 30 %	Couvert > 30 %	Pcum < 250 mm	Pcum > 250 mm
Parcelle	0.62**	0.36*	0.87**	0.74**
Ravine	0.32	0.72**	0.64**	0.66**
Microbassin	0.95**	0.3*	0.97**	0.78**

Les lames ruisselées sont en moyenne 6 à 10 fois plus élevées selon les stations après le cumul des pluies de 250 mm et les coefficients de ruissellement 4 à 8 fois plus. En revanche, les débits maximaux sont équivalents pour les deux périodes car les facteurs favorables aux fortes vitesses d'écoulement se compensent (intensités de pluie plus fortes en début d'année et infiltrabilité plus faible en fin d'année).

Relations entre les variables de pluies de ruissellement, d'érosion et d'états de surface

Relations avec les variables de ruissellement

Le tableau 2 présente les coefficients de détermination pour les meilleures relations linéaires simples entre les différentes variables décrivant le ruissellement (lame ruisselée et débit maximum) et les variables de pluie. On constate que les lames ruisselées sont bien corrélées avec les hauteurs précipitées (surtout pour les cumuls de pluies supérieurs à 250 mm) et que les débits maximaux spécifiques sont moyennement corrélés avec l'intensité de pluie maximale en 5 minutes.

Relations avec les variables d'érosion

Quatre crues (2 séries de 2 crues séparées de moins de 24h00) se différencient très nettement des autres par leurs volumes d'érosion ou leur concentration. Ces crues, qui font suite à des orages violents et intenses survenus sur des sols non couverts et récemment labourés, se distinguent des autres par le fait qu'elles ont générées un réseau dense de rigoles. L'apparition de ces rigoles ayant fortement influencé les relations entre érosion, ruissellement et précipitations, il a été choisi de les exclure de l'analyse statistique pour vérifier l'hypothèse d'homoscédasticité des échantillons et ne pas augmenter artificiellement les corrélations. On constate (Tableau 3) que les relations entre concentration moyenne en sédiments et les intensités de pluies maximales sur 5 minutes sont plus fortement conditionnées par l'indice de couvert que par le cumul des pluies; les variables sont cependant parfois faiblement liées. La masse érodée est en revanche conditionnée avant tout par la transition

des 250 mm de pluie cumulée et toujours bien corrélée avec le débit maximal spécifique. Cette corrélation est légèrement plus faible pour la station de la ravine, certainement du fait d'un possible stockage/déstockage de sédiments au sein de la ravine. L'influence du couvert sur la masse érodée est peu discernable sur le groupe de crues étudiées car les crues sous couvert sont générées par des pluies de faible intensité et ont des lames ruisselées et débits maximaux très faibles.

Relations inter-échelles des variables de ruissellement

Les lames ruisselées sont fortement corrélées d'une station à l'autre (Figure 3). La parcelle semble ruisseler légèrement moins que les deux autres sites, ce qui est confirmé par la comparaison des lames ruisselées sur les 84 crues après reconstitution pour les événements manquants : 120.2 mm/an à la parcelle, 134.8 mm/an à la ravine et 148.5 mm/an au microbassin pour une pluie de 650.3 mm/an. Ces écarts peuvent être expliqués d'une part par la présence de voies de circulation préférentielle des eaux aux autres échelles (ravine, piste tassée...) et

par des états de surface globalement plus favorables à l'infiltration à la parcelle au moment de quelques crues majeures.

Les débits maximaux spécifiques sont également fortement corrélés d'une station à l'autre (Figure 4). On constate par contre des débits maximaux significativement supérieurs pour le microbassin. Ce surplus peut être expliqué d'une part par la présence d'une piste qui constitue une surface très tassée et donc très peu perméable, et d'autre part par des points de résurgences d'écoulement hypodermique en bas de versant (zones très souvent saturées) qui accroissent le ruissellement et donc le débit.

Reconstitution et comparaison des bilans érosifs

La figure 5 présente la comparaison des masses érodées d'une station à l'autre sur les 84 crues en différenciant les crues mesurées des crues reconstituées. La reconstitution des masses érodées a été réalisée à partir des débits maximaux pour la parcelle et le microbassin et déduites

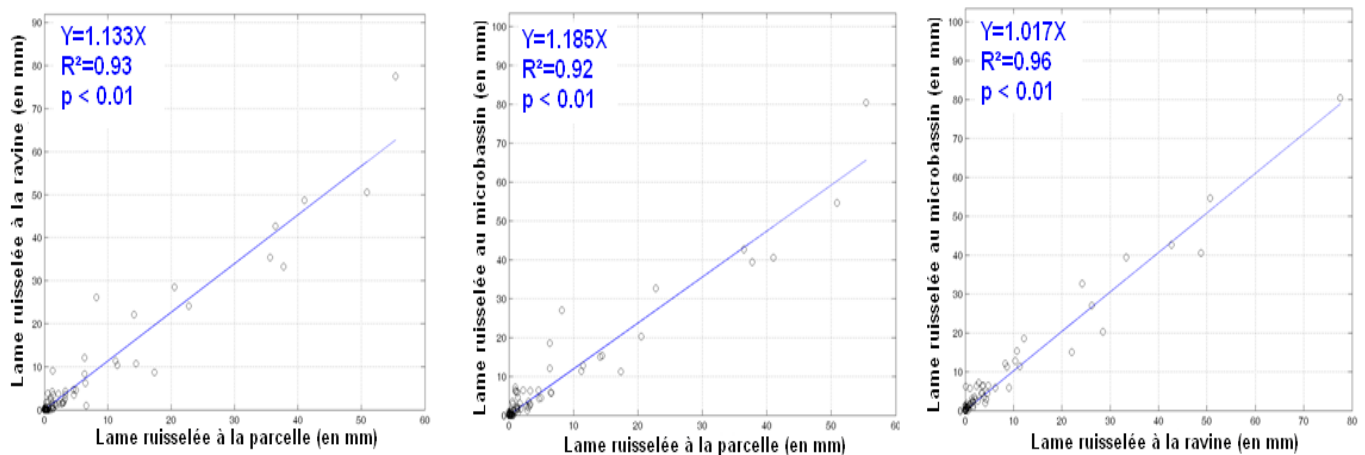


Fig. 3. Présentation des corrélations multi-échelle des lames ruisselées pour les 77 crues multi-échelles

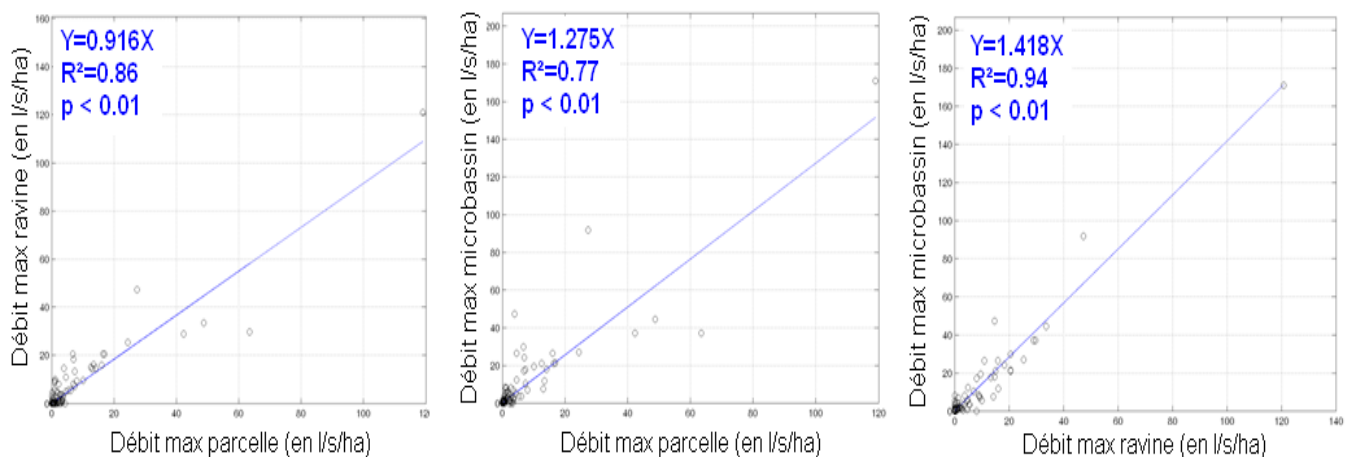


Fig. 4. Présentation des corrélations multi-échelles des débits maximaux pour les 77 crues multi-échelles

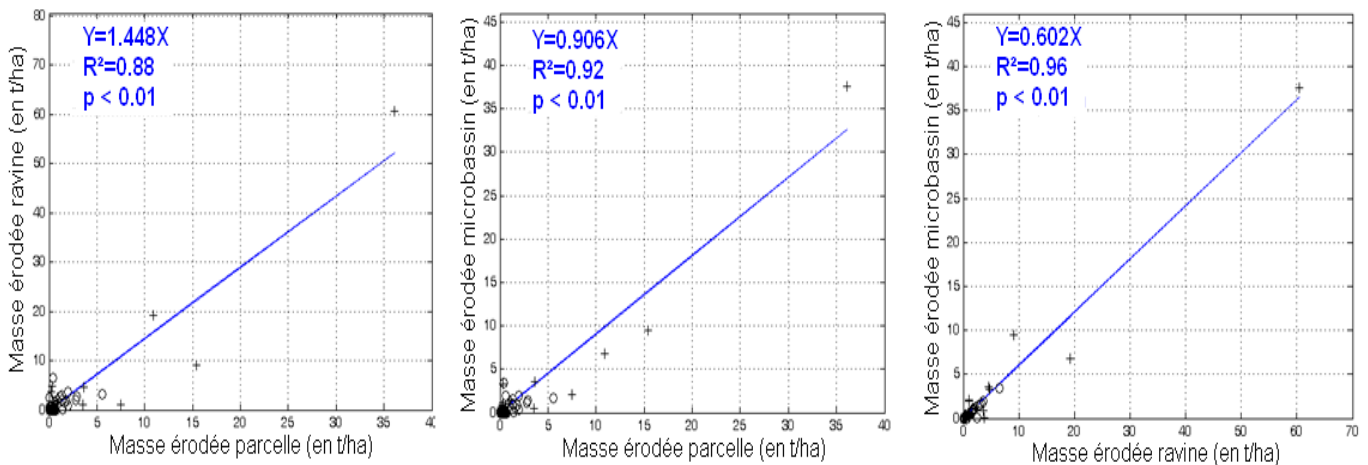


Fig. 5. Présentation des corrélations multi-échelles des masses érodées sur les 84 crues (les croix représentent les valeurs mesurées aux 2 stations comparées et les cercles correspondent aux valeurs reconstituées sur au moins l'une des stations comparées).

de la masse érodée au microbassin pour la ravine. Au final, les masses érodées reconstituées représentent 8 à 18% du bilan érosif des 4 années et n'impliquent donc que peu d'erreurs d'analyse.

On constate également que les forts coefficients de détermination sont principalement dus à une crue exceptionnelle (la crue du 16/12/2006) qui contribue à elle seule à 31% des volumes érodés à la parcelle ; 39% à la ravine et 43% au microbassin alors qu'elle ne représente que 12% à la parcelle et 14% aux autres stations des flux ruisselés en 4 ans.

Les bilans annuels moyens sont de 29.2 t/ha/an pour la parcelle, 38.4 t/ha/an pour la ravine et 22.1 t/ha/an pour le microbassin. La ravine érode donc en moyenne 1.3 fois plus par unité de surface que la parcelle qui érode en moyenne 1.3 fois plus que le microbassin. En dépassant les 20 t/ha/an, les taux d'érosion sur Kamech sont nettement supérieurs aux observations réalisées en milieu cultivé argilo-calcaire sur des parcelles de 100 m² en Algérie qui indiquaient des taux d'érosion entre 0.1 et 3 t/ha/an sous un climat semi-aride (Roose et al., 1993).

Un suivi fin de l'évolution de la morphologie de la ravine entre 2002 et 2009 a montré que les flancs de la ravine avaient produit environ 51 m³ de sédiments (El Khalili et al., 2011), soit un taux d'érosion d'environ 6,1 mm/an, ce qui constitue environ 32 m³ ou 51 t sur les 4 années de mesure. Le surplus d'érosion mesuré à la ravine par rapport à la parcelle (environ 56 t sur les 4 ans) est donc principalement issu de l'érosion de ses flancs. On s'aperçoit que la contribution de l'érosion ravinatoire à l'échelle de la station « ravine » n'est que de l'ordre de 25 % sur les 4 années de mesure, et ce malgré la présence d'événements ruisselants intenses dont un au moins de période de retour estimée entre 10 et 15 ans.

La production en sédiments des 10.9 ha cultivés sur le microbassin (grossoirement évaluée en transposant les taux d'érosion obtenus à la parcelle) ajoutée à la production de sédiments des 0.7 ha des flancs de ravines (obtenue en appliquant le taux d'érosion de 6.1 mm/an des flancs la ravine étudiée) donne une valeur approximative de 936 m³ de sédiments produits en 4

ans pour les 840 m³ du bilan érosif mesuré et reconstitué à partir des débits à l'exutoire du microbassin. L'écart entre les deux valeurs (15%) est dans l'ordre de grandeur des erreurs de mesures. Le taux d'érosion moyen plus faible au microbassin proviendrait donc d'une répartition surfacique différente des zones sources d'érosion et de la présence de zones peu productrices en sédiments (les parcours). A l'échelle du microbassin, la présence de dépôts ne semble donc pas significative et la contribution des flancs de ravines au bilan érosif n'est plus que de l'ordre de 20%.

CONCLUSIONS

Le suivi sur quatre années du ruissellement et de l'érosion des trois sites a permis de couvrir un large panel de situations en terme de pluies et d'états de surface et de mieux apprécier l'influence des ravines en fonction de l'échelle étudiée. Les fentes de retrait jouent un rôle très important au niveau du comportement ruisselant de Kamech : les écoulements de surface sont très faibles jusqu'à un cumul de pluie de près de 250 mm. Cela permet de distinguer trois périodes en termes de comportement érosifs. Avant un cumul de pluie de 250 mm, les sols sont nus et de très fortes concentrations en sédiments peuvent être observées (jusqu'à 300 g/l à la parcelle) mais les volumes érosifs restent modérés du fait de volumes écoulés faibles. La période la plus critique se situe lorsque le cumul de pluie de 250 mm est atteint et que les sols sont encore peu couverts (inf. 30 %), de fortes concentrations en sédiments associées à de forts volumes ruisselés sont alors observés. Une fois le sol couvert à au moins 30 % (situés après le cumul de 250 mm), les concentrations en sédiments chutent très fortement. Cette baisse est en partie due à des intensités de pluie beaucoup plus faibles à cette période de l'année (2 fois plus faible environ qu'en début d'année). Le ruissellement moyen ramené aux unités de surface est globalement le même aux trois stations même si la parcelle semble ruisseler légèrement moins. Sur le microbassin, les débits maximaux sont faiblement supérieurs, certainement du fait de la présence d'une piste très peu perméable et de zones très fréquemment saturées juste à l'amont de

la station de mesure. Les bilans érosifs sont par contre significativement différents sur les trois sites : la ravine érode en moyenne par unité de surface 1.3 fois plus que la parcelle qui érode 1.3 fois plus que le microbassin. En s'appuyant sur les valeurs de sédiments produits par la ravine et évalués grâce à un suivi morphologique fin de celle-ci (El Khalili *et al.*, 2011), nous constatons que la contribution de la ravine dans l'érosion à la station ravine n'est que de 25 % environ, et que cette contribution explique bien le surplus observées à la station de la ravine par rapport à celle de la parcelle.

Les écarts observés entre le microbassin et les deux autres stations peuvent eux aussi être expliqués par la répartition surfacique des zones productrices de sédiments (parcelles cultivées et flancs de ravines) et par la présence de zones non productrice de sédiments (parcours). Les phénomènes de sédimentation ne semblent donc pas significatifs à cette échelle.

REMERCIEMENTS

Les auteurs voudraient exprimer leurs remerciements aux divers intervenants de l'observatoire OMERE, et notamment à l'équipe expérimentale pour l'acquisition des données.

RÉFÉRENCES

- Achouri, M. (1995). La conservation des eaux et du sol en Tunisie: bilan et perspectives. CIHEAM - Options Méditerranéennes, p. 35-47.
- Albergel, J., Nasri, S. et Lamachère, J-M. (2005). Les lacs et barrages collinaires: infrastructures hydrauliques d'aménagement et de conservation des terres agricoles en zone semi aride méditerranéenne. Actes du séminaire « Territoires et Aridité au Nord et au Sud du Sahara: La Lutte contre la Dégradation des Terres, Bilan des Acquis et Nouvelles Perspectives de Recherche », Tunis, 13 juin 2005, Direction des Sols, Tunis, 171 p.
- Andrieux, P. (2007): Protocole de description des Etats de Surface. UMR LISAH. 9 p. (http://www.umr-lisah.fr/omere/eds_kamech/FILES/rapports/ProtocoleDescriptionEdS_2007.pdf).
- Cerdan, O., Souchère, V., Lecomte, V., Couturier, A. and Le Bissonnais Y. (2001). Incorporating soil surface crusting processes in an expert-based runoff model: Sealing and Transfer by Runoff and Erosion related to Agricultural Management. *Catena*, vol. 46, p. 189-205.
- HYDROMED. (2001). Rapport final du programme de recherche sur les lacs collinaires dans les zones semi-arides du pourtour méditerranéen. Rapport final du contrat INCO DC ERBIC 18 CT 96009 1. IRD, Tunis, 226 p.
- El Khalili, A., Raclot, D., Habaieb, H. and Lamachère, J-M., 2011. Factors and processes of permanent gully evolution in a Mediterranean marly context (Cape Bon, Tunisia). Actes du colloque "Relations man/environnement and sediment transport", Alger, 7-8 juin 2006, 19 p.
- Ibiza, D. (1982). Recherches en milieu méditerranéen humide : analyse et modélisation des écoulements sur des bassins dans le Nord tunisien (bassins de l'oued Sidi Ben Naceur). Bondy: ORSTOM, 323 p. (http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-03/02452.pdf)
- Jenhaoui, Z., Raclot, D. et Lamachère J-M. (2008). Le parcellaire et l'occupation du sol entre 2004 et 2008 sur le bassin versant de Kamech (Cap Bon, Tunisie). Rapport IRD Tunis. 22 p. (http://www.umr-lisah.fr/omere/eds_kamech/FILES/rapports/rapparcelleocsol_kamech0408.pdf)
- Mekki, I. (2003). Analyse et modélisation de la variabilité des flux hydriques à l'échelle d'un bassin versant cultivé alimentant un lac collinaire du domaine semi-aride méditerranéen (Oued Kamech, Cap Bon, Tunisie). Thèse Université Montpellier II. 182p.
- ORE OMERE (2010). Le dispositif d'observation sur le bassin versant de Kamech (Cap Bon, Tunisie). Rédaction collective des membres du consortium pilotant l'ORE OMERE, 18 p. (http://www.umr-lisah.fr/omere/download.php?f=2010_11_LIVRET_KAMECH.pdf).
- Roose, E., Arabi, M., Brahamia, K., Chebbani, R., Mazour, M., Morsli, B. (1993). Érosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne algérienne. Réduction des risques érosifs et intensification de la production agricole par la GCES : synthèse des campagnes 1984-1995 sur un réseau de 50 parcelles d'érosion. *Cahiers Orstom, série Pédologique*, vol. 28, n°2, p. 289-308.
- Zante, P., Collinet, J., Pepin, Y. (2005). Caractéristiques pédologiques et hydrométéorologiques du bassin versant de Kamech, Cap Bon, Tunisie. UMR LISAH IRD Tunis, DG ACTA Direction des Sols Tunis, INRGREF Tunis. 21p. + 6 annexes.