

Le bassin versant du Jannet (Tunisie) : évaluation des risques d'érosion hydrique

Lilia Ben Cheikha, Moncef Gueddari

Université de Tunis El Manar

Résumé.— Le modèle SEAGIS, avec lequel on peut estimer les risques d'érosion du sol, a été appliqué au bassin versant du lac Jannet (Tunisie). Cet article tente de montrer qu'il est possible d'élaborer des cartes d'érosion et de localiser ainsi les zones à risques nécessitant prioritairement la réalisation de travaux d'aménagement contre l'érosion.

Cartes d'érosion • Cartographie des risques • Érosion hydrique • SEAGIS • Tunisie semi-aride

Abstract— Jannet catchment area (Tunisia): assessing water erosion risks.— The SEAGIS model, which can be used to estimate risks of soil erosion, was applied to the catchment area of Lake Jannet (Tunisia). This paper attempts to show that it is possible to develop erosion maps and locate high-risk zones that require the most urgent work to prevent erosion.

Erosion maps • Risk mapping • Semi-arid Tunisia • Water erosion

Resumen.— La cuenca Jannet (Túnez) : evaluación de riesgos por la erosión hídrica.— Se aplicó el modelo SEAGIS a la cuenca del lago Jannet para evaluar los riesgos de erosión del suelo. Con la elaboración de mapas de erosión, se llegó a localizar los sectores riesgosos donde se necesita la realización prioritaria de obras antierosivas.

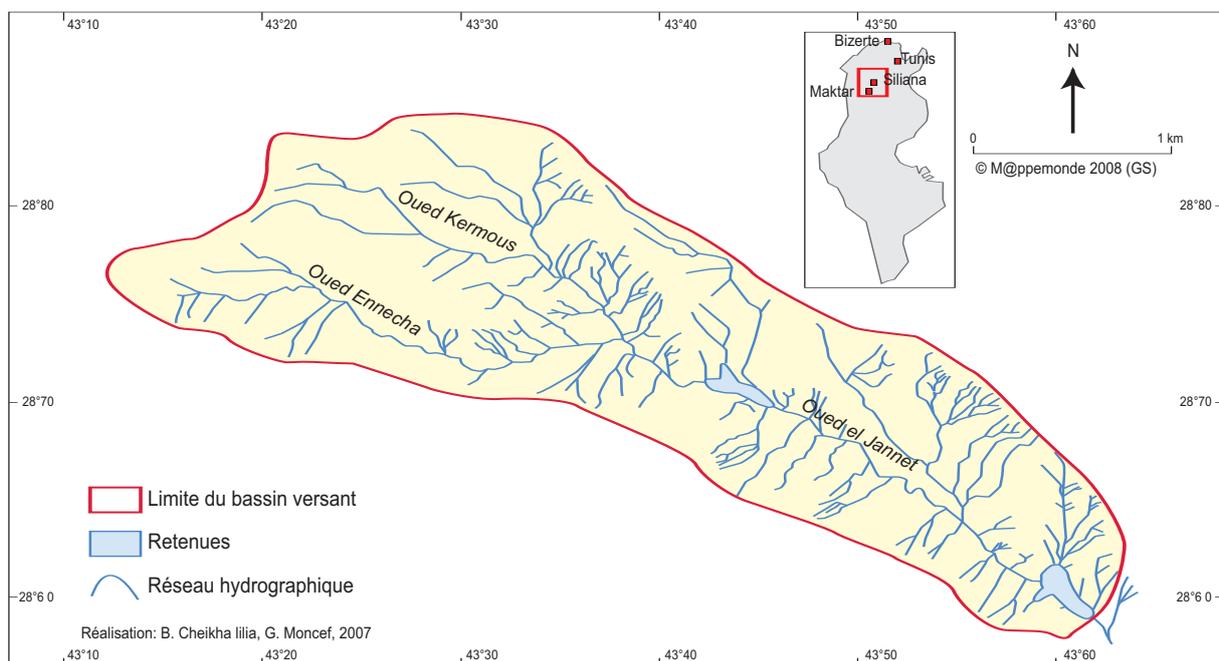
Cartografía de riesgos • Erosión hídrica • Mapas de erosión • Túnez semiárido

Introduction

En Tunisie, la prédominance de roches de surface peu résistantes, l'irrégularité du climat, la torrencialité des écoulements, la faible densité du couvert végétal et la sur-exploitation des terres sont particulièrement favorables à l'accélération du phénomène d'érosion hydrique qui menace gravement les potentialités en eau et en sol. S'il est possible de réduire considérablement l'érosion hydrique en utilisant des techniques adaptées, comme l'implantation de bandes enherbées, il faut d'abord définir les secteurs de forte érosion nécessitant une intervention prioritaire (Morschel, Fox, 2004). Notre étude vise à déterminer (en t/ha) la quantité de sédiments pouvant être arrachés annuellement par pixel dans le bassin versant du Jannet, et à localiser, par la spatialisation du modèle SEAGIS, l'érosion hydrique, en élaborant des cartes des risques érosifs. Le modèle SEAGIS s'applique en quatre étapes: présentation des caractéristiques de la zone d'étude, détermination des paramètres du modèle, élaboration des cartes d'érosion et, enfin, réalisation de scénarios de simulation de travaux anti-érosifs.

I. Présentation du site

Le bassin versant du Jannet (fig. 1 et 2) est localisé sur la Dorsale tunisienne dans la région de Maktar. Il est drainé par l'oued Kermous et l'oued En Nechaa, petits affluents de l'oued Jannet, lui-même affluent de l'oued Saboun. Le lac Jannet fait partie des 26 lacs suivis par la direction de la Conservation des eaux et des sols (CES) en collaboration avec l'Institut de recherche pour le développement (IRD). Pour l'ensemble de ces retenues, un réseau de surveillance hydropluviométrique a été mis en place en 1993 ainsi qu'un suivi des mesures bathymétriques. L'érosion dans cette région a été étudiée par M. Saadou (1996) pour les transports solides des bassins versants et le remplissage des retenues ; par J. Collinet (2001) pour l'érosion dans le bassin Zanfour, localisé au nord de la Dorsale ; et par T. Mansouri (2001) qui a chiffré l'érosion des petits bassins versants de ces lacs collinaires (entre 1,3 et 26 t/ha/an).



1. Localisation du bassin versant du Jannet

Le bassin versant du Jannet a une superficie de 541 ha et un périmètre de 12,36 km. Les altitudes sont comprises entre 810 m et 1 150 m pour le point culminant. Le réseau hydrographique est très hiérarchisé avec une densité de drainage de l'ordre de 3,16 km⁻¹. L'aménagement du lac collinaire sur l'oued Jannet a eu pour objectif principal le développement agricole, grâce à une utilisation rationnelle de l'eau stockée. Or ce lac a été comblé en 2001 après une série d'averses très agressives et un nouveau lac a été creusé en amont.

Cinq types d'unités pédologiques sont représentés (fig. 3) : (a) sols peu évolués d'apport associés à des sols minéraux bruts d'érosion et quelques sols calcimagnésiques carbonatés ; (b) sols minéraux bruts d'érosion associés à des sols calcimagnésiques carbonatés et quelques sols peu évolués d'apport ; (c) sols minéraux bruts d'érosion associés à des sols bruns calcaires ; (d) sols bruns calcaires et (e) rendzines sur roche dure calcaire et sur croûte.

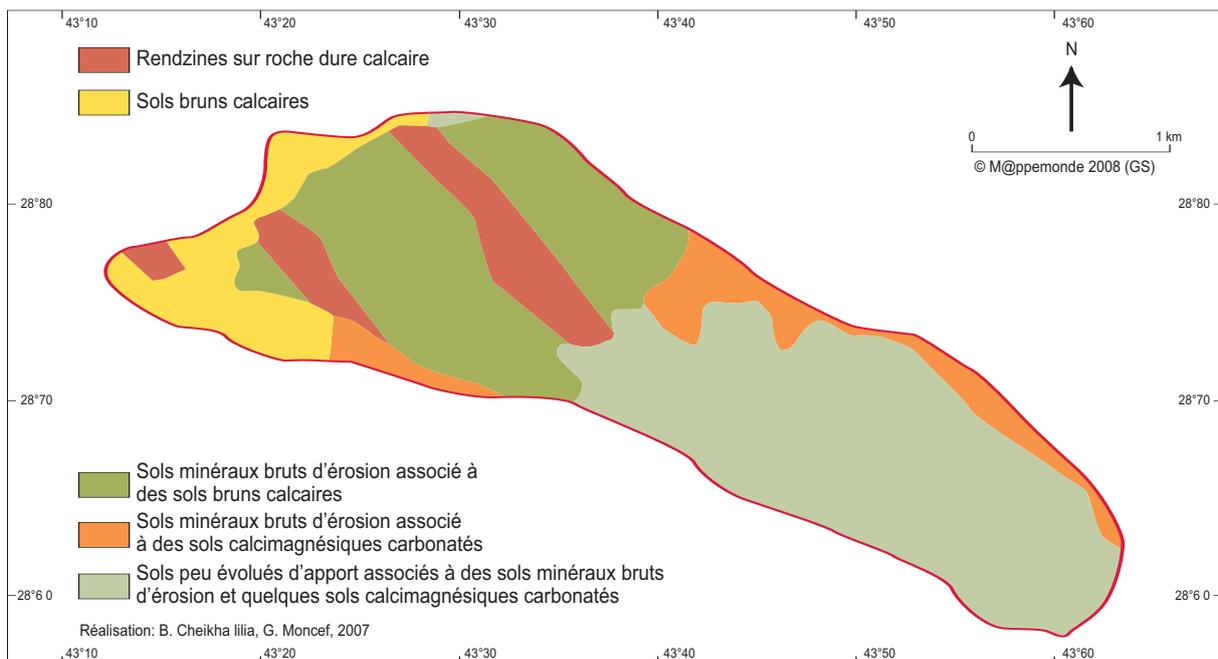
La partie amont du bassin contient une grande quantité d'argiles avec des sols profonds (entre 80 et 120 cm); leur localisation dans des zones de faible pente réduit les problèmes d'érosion. La partie aval comprend des sols limono-argileux superficiels (épaisseur inférieure à 20 cm), localement battants; ils sont sensibles à l'érosion par leur localisation sur des versants en pente forte.



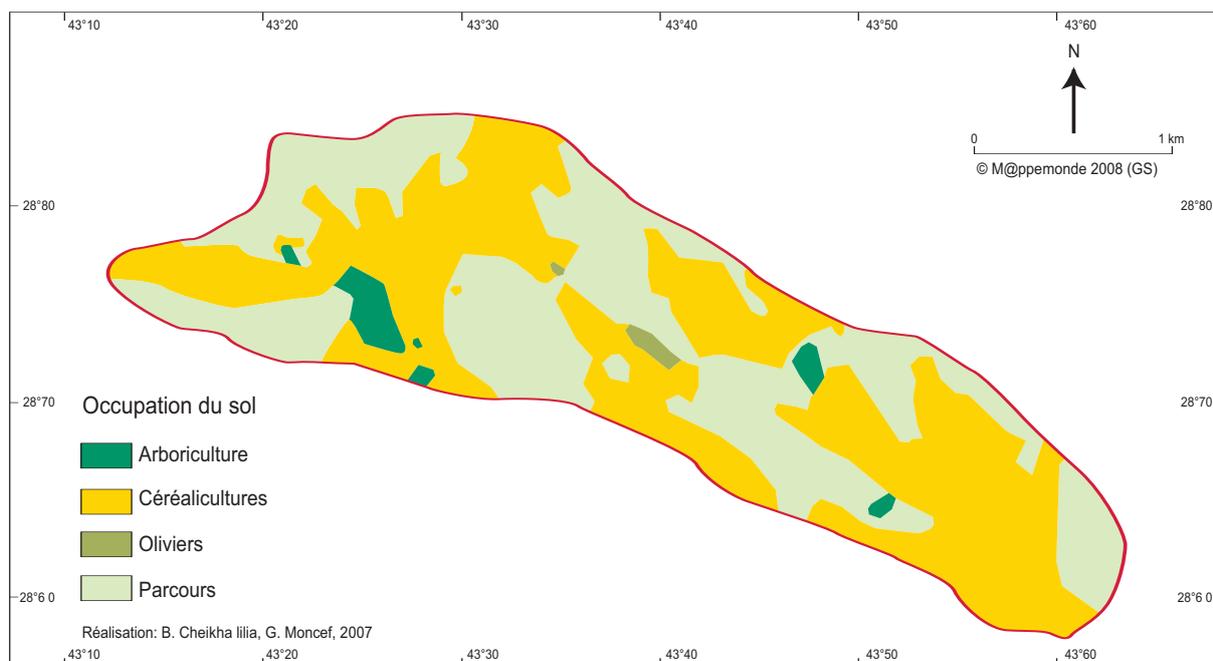
2. Le bassin versant du Jannet (Cliché Lilia Ben Cheikha 2004)

Ce bassin a la forme d'une gouttière recoupée par des « falaises » et des corniches gréseuses. Sur le sommet des collines, on remarque l'existence de fragments rocheux anguleux et de roches éclatées. Vers l'aval, se développent des glacis aux sols profonds, sur lesquels sont pratiqués la polyculture et l'élevage. Le bassin est occupé à 52 % par la céréaliculture, à 44 % du bassin par des terrains de parcours et 3 % par quelques cultures rustiques comme les oliviers, les figuiers, les noyers et les amandiers (fig. 4).

L'érosion en nappe se manifeste par un décapage superficiel du sol et déstabilise la structure du sol en place. Un violent orage peut détruire la couche superficielle du sol, donnant naissance à un nouvel état de surface qui sera d'autant plus fragile que la densité du couvert végétal est faible. Les fortes valeurs de pentes accroissent la vitesse de l'écoulement, augmentant ainsi la torrencialité et par conséquent l'action de l'érosion hydrique. L'eau ruisselle, provoquant des incisions linéaires de plus en plus



3. Les unités pédologiques



4. Occupation du sol

profondes. C'est ainsi que démarrent des griffures qui évoluent en rigoles. Le pâturage sur ces terrains de garrigue réduit la densité du couvert végétal et donc son rôle protecteur.

Le climat est de type semi-aride. En effet, le régime pluviométrique est caractérisé par une irrégularité interannuelle et saisonnière, comme en d'autres régions de la Tunisie. La zone d'étude est délimitée par les isohyètes 250 et 500 mm. La pluviométrie moyenne annuelle du bassin versant a été déterminée à partir des données du poste pluviométrique du lac ([graph. 1](#)). Les années 1995-1996 et 2002-2003 sont les plus humides avec des valeurs de pluie supérieures à 500 mm par an, alors que l'année la plus sèche est celle de 1994-1995 où la pluviométrie n'a pas dépassé 300 mm. La température moyenne est de l'ordre de 16 °C, la température maximale moyenne de 21 °C, la température minimale moyenne de 11 °C. L'aridité, évaluée par le coefficient d'Emberger, est égale à 55 à Maktar. L'évapotranspiration moyenne annuelle est de 1 150 mm.

II. Détermination des paramètres du modèle

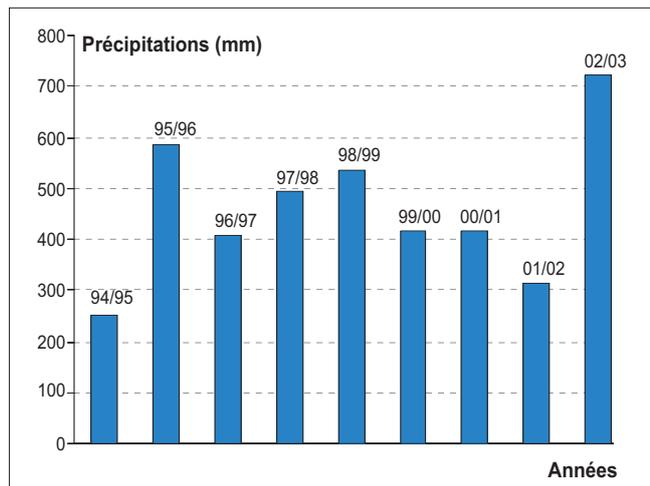
Le modèle SEAGIS (DHI, 1999) calcule le transport solide pour chaque pixel, en se basant sur le modèle USLE (Universal Soil Loss Equation) combiné avec RUSLE (Renard *et al.*, 1997). L'érosion (A), exprimée en $t/ha^{-1}/an^{-1}$, est le produit de 6 facteurs : érosivité de la pluie (R), inclinaison de pente et longueur de pente (LS), érodibilité du sol (K), couverture végétale (C), et mesures de prévention (P). La combinaison de toutes les couches d'information obtenues donne une carte du risque érosif renseignée pour chaque pixel d'une valeur d'érosion exprimée en $t/ha^{-1}/an^{-1}$, sachant qu'une partie seulement, ou parfois même une faible fraction, des sédiments érodés atteint l'exutoire du bassin versant, correspondant ainsi au flux des sédiments. Le coefficient de transportabilité (DHI, 2002) est déterminé ainsi :

$$SDR = SY \text{ (apport solide total)}/SE \text{ (Facteurs d'érosion)}$$

Il exprime la capacité minimale du transport solide par pixel traversé par un cours d'eau. Ainsi on aboutira à une carte de l'érosion spécifique (ou encore de perte en sol) au niveau du bassin versant.

1. L'érosivité des pluies (R)

L'érosivité est un indicateur de l'agressivité des pluies. Au cours d'une pluie, l'énergie cinétique ainsi que la quantité de mouvement dissipée lors de l'impact de gouttes permettent le détachement des particules et leur déplacement par rejaillissement (Ellison, 1944 ; Hudson, 1963 ; Bolline, 1982 ; cités par Rejeb, 1996). À partir des données pluviométriques enregistrées au niveau de la station du lac Jannet, on détermine les valeurs de l'intensité maximale des pluies pendant 30 minutes et de l'énergie cinétique totale de la pluie par l'intermédiaire du logiciel ARES (Estèves, 1990). Le facteur d'érosivité des pluies, pour une pluie donnée, est défini comme le produit de l'énergie cinétique de la pluie par l'intensité horaire maximum de celle-ci en 30 minutes, le tout divisé par 100.



Graphique 1. Répartition annuelle de la pluviométrie à la station du lac Jannet

$$R = E \cdot I_{30}/100$$

Où R = Indice d'érosivité de pluie ;
 E = Énergie cinétique totale de la pluie ;
 I_{30} = Intensité maximale de pluie pendant 30 minutes.

Faute d'informations nécessaires, R est calculé pour une seule valeur de précipitations P, puis est appliqué de façon indifférenciée à l'ensemble de la zone. La moyenne annuelle de l'indice d'érosivité est de l'ordre de R = 112 t/ha/heure.

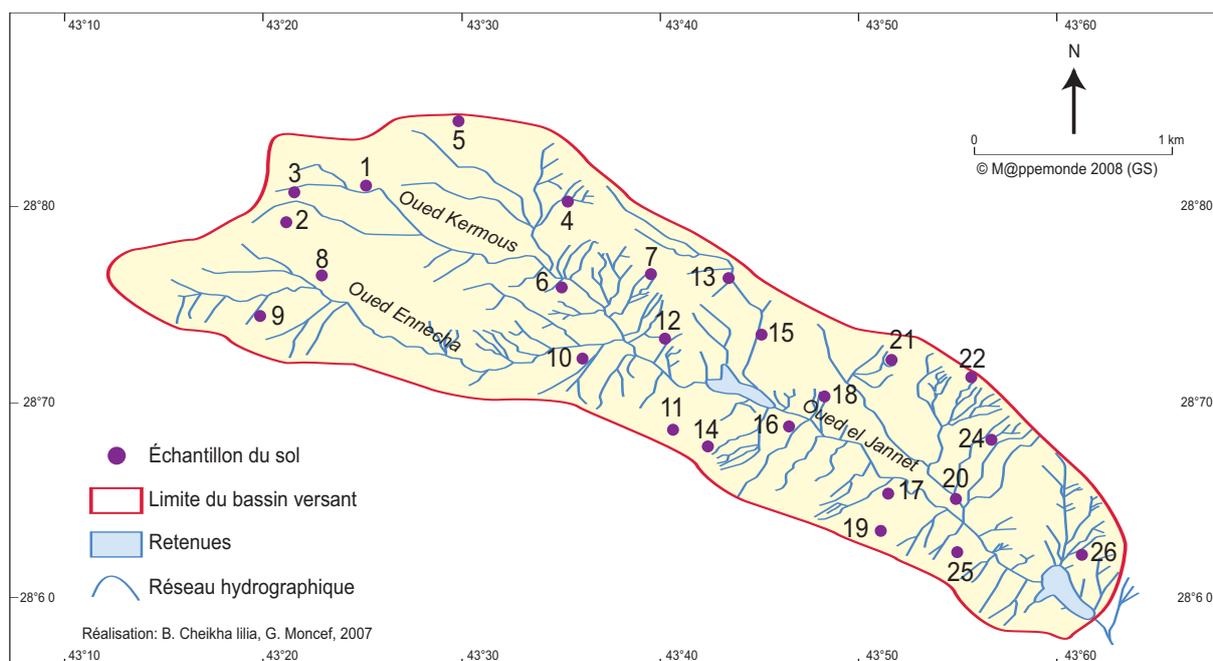
2. L'érodibilité des sols (K)

La spatialisation du facteur K nécessite une carte des sols. Nous avons effectué des prélèvements de 26 échantillons de sol (entre 0 et 25 cm) couvrant presque la totalité du bassin versant étudié tout en tenant compte des types de sols (fig. 5).

Pour la détermination de ce paramètre, nous avons retenu deux équations : celle de Dumas (1965), car elle a été appliquée en Tunisie sur le bassin versant de l'oued Hallouf (Tunisie semi-aride), et celle de Wischmeier et Smith (1978), la plus connue. Plusieurs analyses ont été réalisées : analyse granulométrique, analyses de matières organiques, de point de flétrissement et de porosité (tabl. 1).

Le facteur K est déterminé suivant la formule de Wischmeier et Smith en fonction de la texture des sols ($M = (\% \text{ sable fin} + \% \text{ limon}) \cdot (100 - \% \text{ argile})$), de la teneur en matières organiques (a), de la structure du sol (b, compris entre 1 et 4) et de la perméabilité (c compris entre 1 et 6), suivant l'équation suivante :

$$1000K = 2,1 \times 10^{-4} \times (12 - a) M^{1,4} + 3,25 (b - 2) + 2,5 (c - 3)$$



5. Localisation des échantillons de sol

Les sols du bassin versant ont une texture très fine (argilo-limoneuse) d'où l'attribution de la valeur 1 à la texture, et les analyses de perméabilité ont montré une vitesse d'absorption de l'eau très lente, d'où l'attribution de la valeur 6 à la perméabilité.

Le facteur K peut aussi être déterminé suivant l'équation de Dumas (1965) à partir du taux pondéral de cailloux ($d > 0,5 \text{ mm}$) dans les cinq premiers centimètres (X_1), du taux de matières organiques (X_2) et de l'humidité équivalente (X_3).

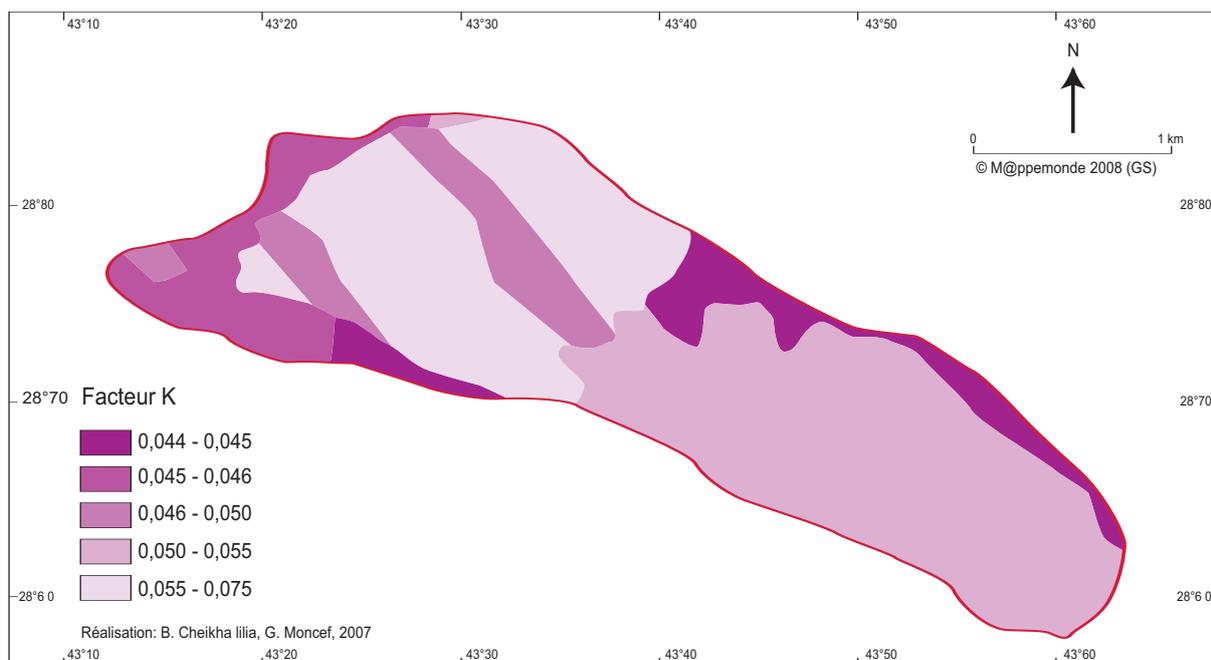
$$\log 1000 K = 3,4623 - 0,1695 X_2 - 0,0214 X_3 - 0,0282 X_1$$

En comparant les valeurs calculées de l'érodibilité, par les deux équations, on remarque que, pour des sols Rendzines sur roche dure calcaire et des sols peu évolués d'apport associés à des sols minéraux bruts d'érosion et quelques sols calcimagnésiques carbonatés, les valeurs calculées selon l'équation de Wischmeier et Smith sont légèrement plus faibles que celles calculées suivant l'équation de Dumas, et cela contrairement aux sols bruns calcaires. Les autres types de sols

Tableau 1. Résultats des analyses de sols

Type de sol	Argile %	Limons %	Sable %	Poros.	MO %	Pf %	Cailloux %
Sols minéraux bruts d'érosion associés à des sols bruns calcaires	23	55	22	0,527	0,1	11	1
Rendzines sur roche dure calcaire et sur croûte	37	44	19	0,401	0,2	10	8
Sols bruns calcaires	16	51	33	0,540	2	12	10
Sols peu évolués d'apport associés à des sols minéraux bruts d'érosion et quelques sols calcimagnésiques carbonatés	35	42	23	0,489	0,1	10	5
Sols minéraux bruts d'érosion associés à des sols calcimagnésiques carbonatés et quelques sols peu évolués d'apport	33	44	23	0,411	0,2	15	7

Poros. : Porosité ; *MO* : Matière organique ; *Pf* : Point de flétrissement



6. Érodibilité des sols

présentent des valeurs de l'érodibilité (suivant les deux équations) très proches, d'où l'on a choisi d'utiliser la moyenne des deux valeurs (tabl. 2).

Ces données sont introduites dans le modèle SEAGIS, ce qui permet de les numériser dans le SIG en utilisant la carte des sols du bassin versant (fig. 3) et d'attribuer le facteur d'érodibilité K respectif à chaque type de sol (fig. 6).

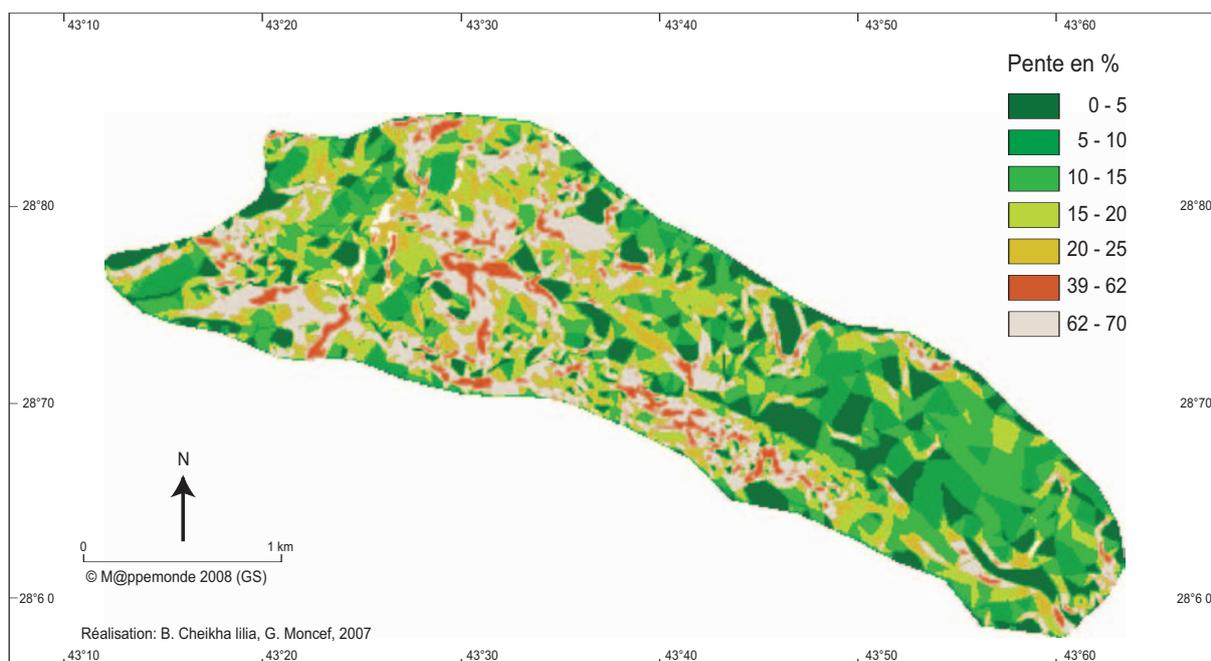
3. La topographie (LS)

L'effet du relief (LS) est caractérisé par la longueur de la pente (L) et le degré de la pente (S). $L = (x/22,13)^m$; $m = \beta/(1+\beta)$ où $\beta = (\sin\theta/0,0896)/[3,0(\sin\theta) 0,8 + 0,56]$, où θ = angle de la pente. Le degré de la pente peut être calculé de la manière suivante : $S = 10,8\sin\theta + 0,03$, pente < 9 %, $S = 16,88\sin\theta + 0,03$, pente > 9 % (Renard *et al.*, 1997). Le calcul du facteur caractérisant l'effet du relief (LS) par le modèle SEAGIS est géré à partir du modèle numérique de terrain (MNT) (pas de 10 m) (fig. 7) et en se basant sur la carte des pentes.

Tableau 2. Érodibilité des sols K ($t^*ha^*h^*/ha/MJ/m$)

Type de sol	K1*	K2*	K retenu
Rendzines sur roche dure calcaire et sur croûte	0,039	0,06	0,05
Sols bruns calcaires	0,054	0,038	0,046
Sols peu évolués d'apport associés à des sols minéraux bruts d'érosion et quelques sols calcimagnésiques carbonatés	0,044	0,066	0,055
Sols minéraux bruts d'érosion associés à des sols bruns calcaires	0,06	0,09	0,075
Sols minéraux bruts d'érosion associés à des sols calcimagnésiques carbonatés et quelques sols peu évolués d'apport	0,043	0,044	0,044

*K1 : calculé suivant l'équation de Wischmeier *et al.* 1978
 *K2 : calculé suivant l'équation de Dumas 1965



7. Les pentes

La carte de répartition du facteur LS, montre que les valeurs les plus fortes se localisent logiquement dans la partie amont du bassin (fig 8).

4. Le couvert végétal (C)

Il s'agit ici d'exprimer l'effet du couvert végétal présent dans le bassin versant. Les valeurs retenues après étude bibliographique correspondent au type de cultures de la zone d'étude. Ainsi à partir des études de Masson (1971) en Tunisie et de Collinet *et al.* (2001) sur le site de Zanfour (Tunisie, région de Kef), la valeur attribuée est de 0,40 pour les assolements céréaliers, 0,54 pour l'arboriculture, 0,17 pour les parcours et 0,65 pour les sols nus occupés par les oliviers (fig. 9).

5. Facteur (P)

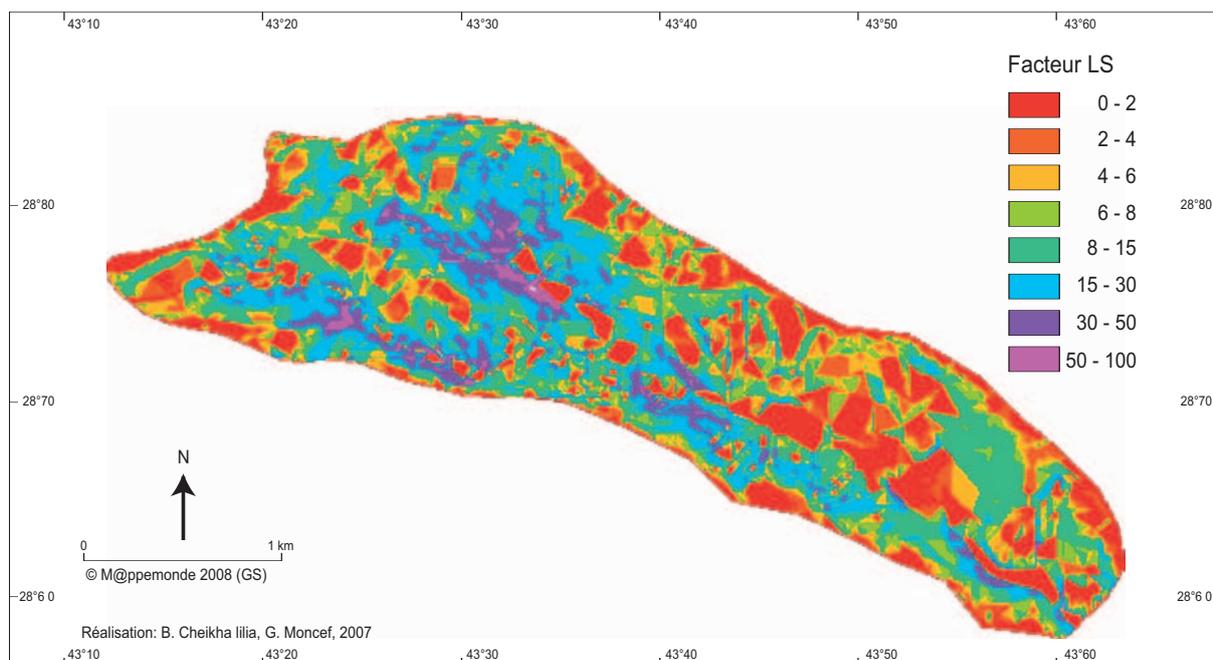
Le facteur de pratiques anti-érosives (P) reflète des pratiques qui réduisent la quantité d'eau de ruissellement et leur vitesse, diminuant ainsi les effets de l'érosion hydrique. Ce facteur P est obtenu par comparaison avec un étalon $P = 1$ pour les zones non aménagées. Dans notre bassin versant, quelques travaux (banquettes avec ou sans plantations) de la

Type d'aménagement	Pente %	Indice P
Banquettes avec ou sans plantations	5-10	0,10
Banquettes avec ou sans plantations	10-15	0,12
Banquettes avec ou sans plantations	15-20	0,16
Banquettes avec ou sans plantations	20-30	0,18

Conservation des eaux et des sols (CES) ont été identifiés (tabl. 3), mais ne dépassent pas 4 % de la totalité de la superficie (fig. 10).

III. Élaboration des cartes d'érosion et validation des résultats

La combinaison de ces cinq paramètres a permis d'élaborer une carte des risques érosifs. Le seul paramètre variable d'une année à une autre est l'érosivité des pluies R, qui varie suivant l'agressivité des averses. Comme indiqué ci-dessus



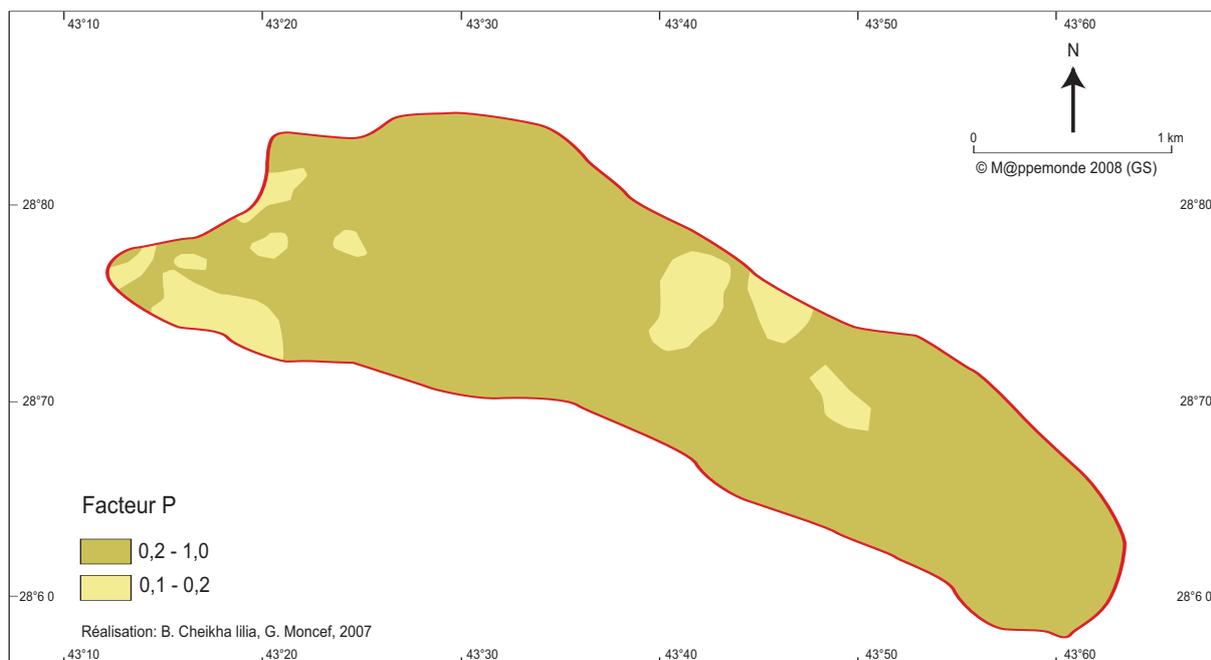
8. Répartition du facteur topographique



9. Répartition du facteur du couvert végétal (C)

(§II.1) on a retenu pour ce paramètre une moyenne annuelle pour la période d'étude (1994/1995 à 2002-2003) de l'ordre de $R = 112 \text{ t/ha/h}$, pour une précipitation annuelle $P = 429 \text{ mm}$.

La carte obtenue (fig. 11) montre la répartition des différentes zones à potentiel érosif. Les zones très sensibles à l'érosion couvrent environ le tiers de la superficie totale du bassin. On peut dire que le bassin versant du Jannet correspond à une zone d'érosion moyennement forte.



10. Répartition du facteur de pratiques anti-érosives (P)

Le transport solide peut être quantifié à partir de la carte de l'érosion spécifique obtenue comme « sortie » du modèle SEAGIS. Plusieurs cartes ont été élaborées pour chaque année d'observation de la période d'étude, pour une année moyenne, une année médiane, une année sèche et une année humide. Les variations de la valeur d'érosivité de pluie R et de la quantité de pluie recueillie permettent de différencier une année d'une autre. La [figure 12](#) montre un exemple de sortie de modèle SEAGIS.

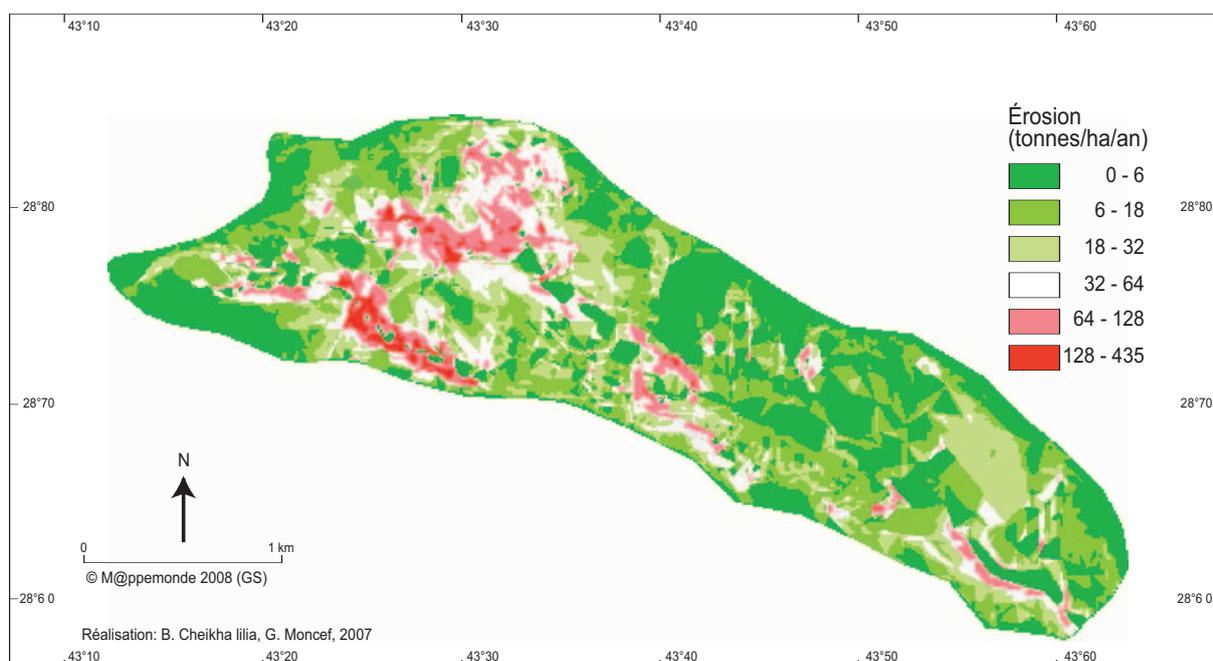
L'observation de cette carte fait ressortir que l'érosion forte est très visible et doit faire l'objet de mesures de protection. Localisée dans le secteur amont du bassin et sur la rive sud-ouest de l'oued Jannet, elle est caractérisée par un réseau de ravins incisant les versants et des entailles de berges en direction du cours principal, avec des valeurs qui dépassent 18 t/ha/an, ce qui est considérable. Ce secteur est très pentu (fort LS) et caractérisé par des affleurements de marnes et d'argiles très fragiles.

Le fait que les zones vulnérables soient situées à proximité de l'oued Jannet pose un sérieux problème de conservation du sol. En effet, les éléments mobilisés, de granulométrie fine (limons), sont exportés rapidement et représentent l'essentiel du flux alluvial. Une telle situation est grave, à la fois pour la population directement concernée et pour l'infrastructure (comblement du lac Jannet). Les résultats des

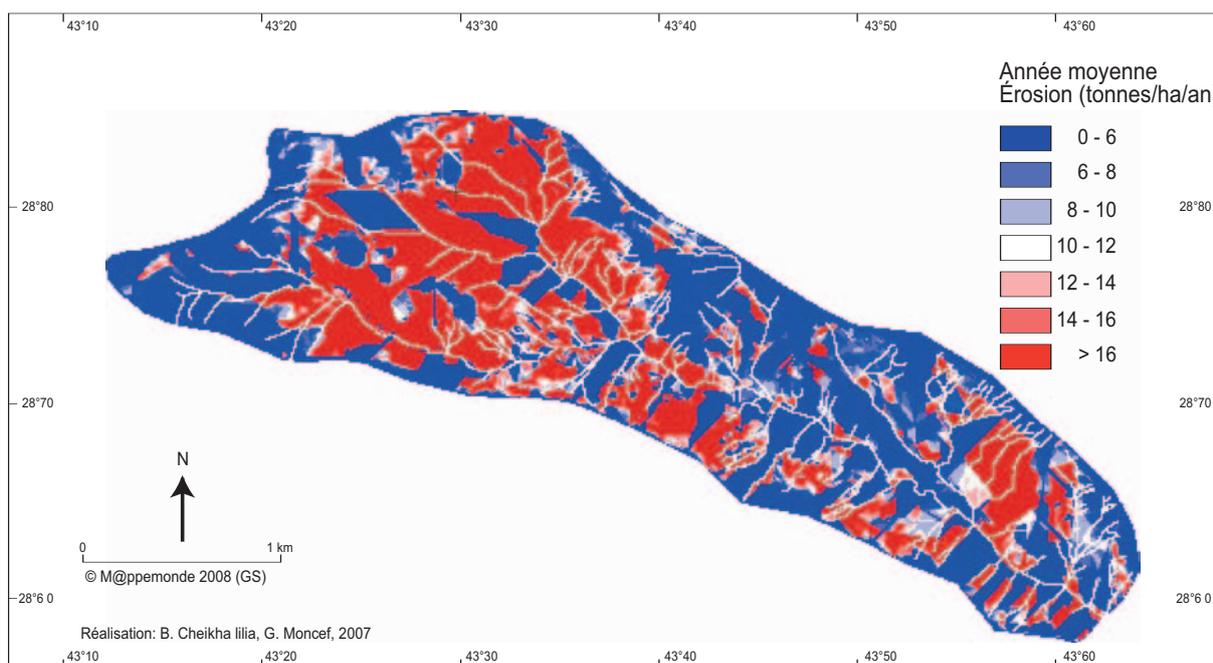
Tableau 4. Résultats de l'érosion spécifique pour plusieurs types d'années hydrologiques				
	Année moyenne	Année médiane	Année agressive	Année sèche
Transport solide (t)	7 995	7 706	10 822	3 542
Érosion spécifique (t/ha/an)	14,8	14,2	20	6,5
Érosion spécifique (m ³ /ha/an)	10,6	10,2	14,3	4,7

simulations de la quantité de transports solides pour la période 1994/1995 à 2002-2003, en année moyenne, année sèche, année humide et année médiane sont présentés dans le [tableau 4](#).

Ces résultats montrent, comme on pouvait le penser, que l'augmentation du paramètre d'érosivité des pluies R accroît la sensibilité des terres à l'érosion hydrique ; le transport solide augmente



11. Les risques érosifs à partir des paramètres d'USLE/RUSLE



12. L'érosion spécifique pour une année moyenne

pour une année exceptionnellement agressive avec une érosivité maximale $R = 151$ tonnes/hectare.heure. L'érosion spécifique peut atteindre 20 t/ha/an , ce qui est une valeur moyennement forte par rapport aux valeurs observées pour les 26 lacs de la Dorsale (entre $1,3$ et 26 t/ha/an) dont le Jannet fait partie. Pour une année sèche, cette valeur ne dépasse pas $6,5 \text{ t/ha/an}$. Pour une année moyenne, le transport solide est de 7995 t et l'érosion spécifique de $14,8 \text{ t/ha/an}$.

On peut également calculer le tonnage des matériaux transportés à partir des mesures bathymétriques à partir de l'équation suivante :

$$T = (Vv*d) + Vdev*C$$

avec :

T : le transport solide observé ;

Vv : le volume de sédiments accumulés dans la retenue entre deux mesures de bathymétrie ;

d : la densité du sédiment ;

Vdev : la somme des volumes d'eau déversés pendant une crue ;

C : la concentration moyenne en matière solide des eaux déversées.

L'estimation de la sédimentation moyenne depuis la mise en eau du lac Jannet (1992) jusqu'à l'année 1996 aboutit à une érosion spécifique de 24 t/ha/an. Une deuxième mesure bathymétrique en 1998 nous a permis de calculer une autre valeur de l'érosion spécifique qui est de 25,6 t/ha/an. Ces valeurs sont relativement proches des valeurs obtenues par SEAGIS, comme le montre le [tableau 5](#).

L'écart observé est dû aux limites de fonctionnement du modèle :

- il n'informe pas sur les pertes en terres liées aux mouvements de masse ou aux glissements de terrain ;

- les interactions entre les différents paramètres ne sont pas prises en compte, alors que de nombreuses études ont montré que ces interactions existaient.

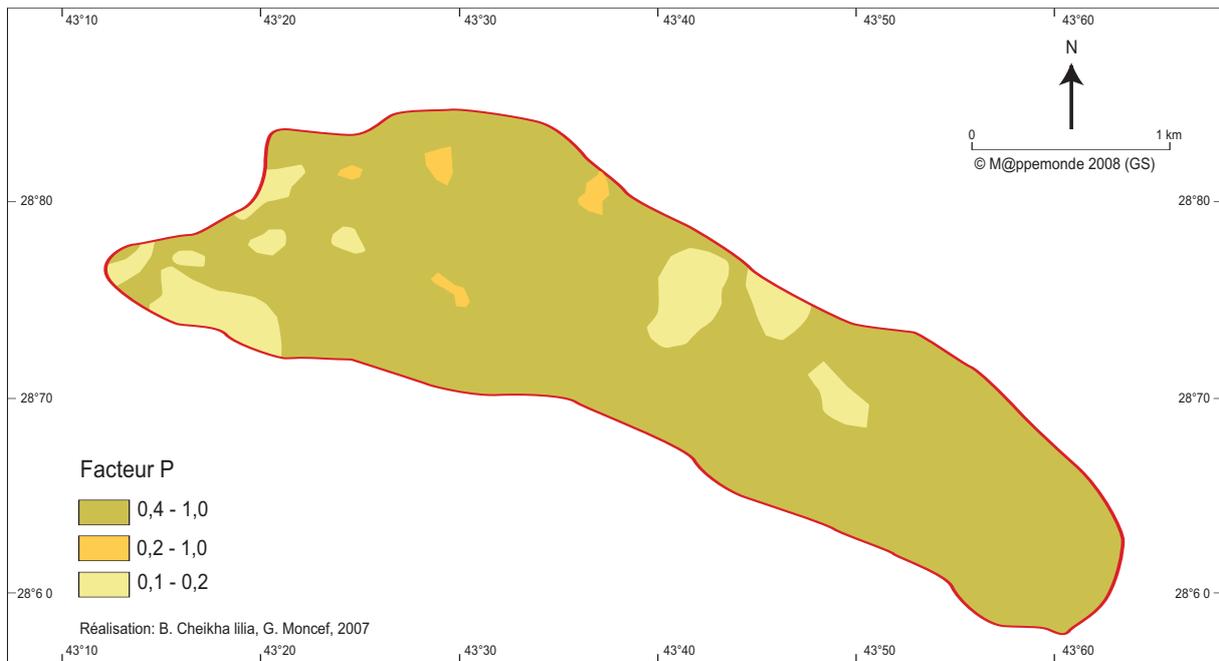
Années hydrologiques	1994/1995	1995/1996	1996/1997	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002	2002/2003
P (mm)	254	585	407	494	538	416	419	312	724
Transport solide (t)	3543	6941	7706	7645	10698	10132	9847	6619	8744
Érosion spécifique (t/ha/an)	6,5	12,8	14,2	14,1	19,8	18,7	18,2	12,2	16,2

IV. Réalisation de scénarios de simulation de travaux anti-érosifs

La carte des risques érosifs, obtenue par le modèle SEAGIS, nous permet de proposer quelques scénarios qui peuvent servir de base à l'élaboration d'un plan d'aménagement anti-érosif adapté aux conditions du milieu. Le choix des ouvrages et les décisions à prendre doivent être fondés sur l'action des facteurs biophysiques et anthropiques.

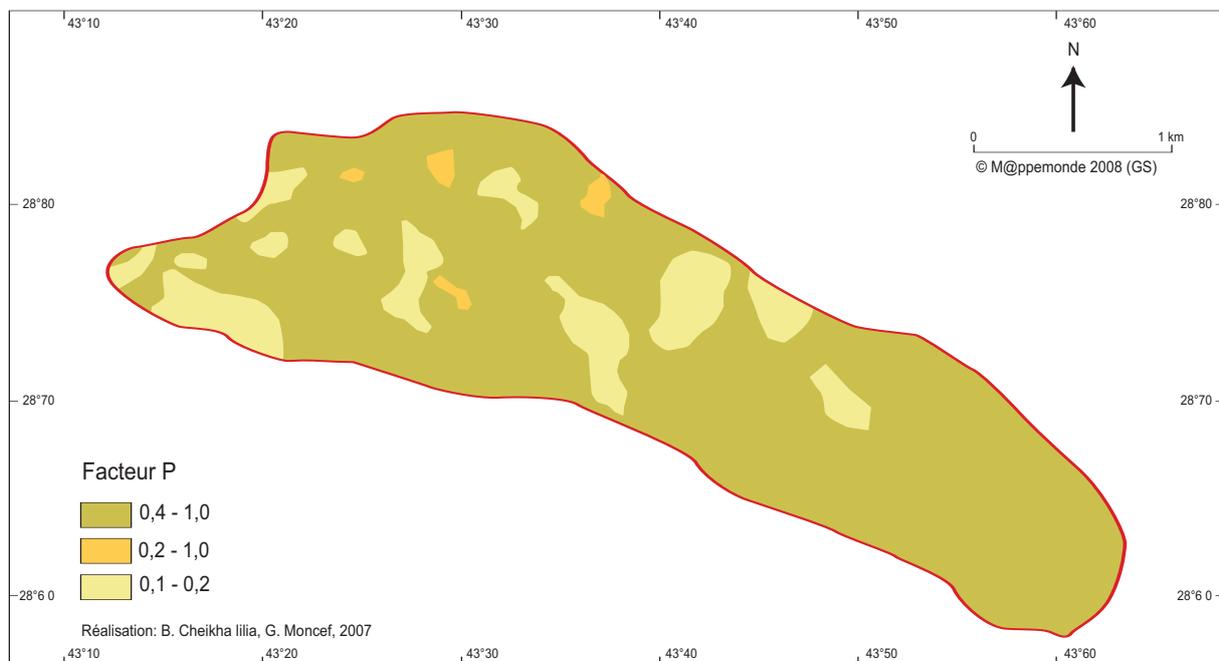
Le type d'aménagement anti-érosif par installation de cordons en pierres sèches et nouvelles banquettes concerne les terrains en pente (6-8 %) suivant les courbes de niveau, afin de ralentir la vitesse du ruissellement (CES, 1995) et de réduire ainsi le transport solide. Ces cordons en pierres sèches sont des ouvrages qui doivent être installés sur des semelles de croûtes ou d'encroûtements calcaires. Ce type d'ouvrage s'adapte le mieux aux conditions lithologiques et orographiques de la zone centrale amont du bassin versant où affleure une croûte calcaire. Là, le sol est de type minéral brut d'érosion dominant en association avec des sols bruns calcaires. Le sol dominant a une texture fine (argileuse, argilo-limoneuse). Ces zones de simulation sont indiquées sur la [figure 13](#) et ne représentent qu'une petite superficie du bassin (1,2 %).

Une étape de simulation consiste à appliquer le modèle SEAGIS avec des valeurs modifiées du facteur de pratiques anti-érosives (P) au niveau des zones de simulation. Ainsi, on attribue à (P) une valeur de 0,35 pour la surface traitée en cordons de pierres sèches, comme le montre la [figure 13](#).



13. Localisation des zones de simulation n° 1 par ajout de cordons de pierres sèches

Les banquettes ont toutes été réalisées sur des substrats tendres (marneux et alluviaux), avec une pente supérieure ou égale à 5 %. Les banquettes ont un effet surtout sur l'érosion par ravinement, en atténuant la vitesse des flux d'écoulement, et limitant ainsi considérablement les risques de sédimentation du lac. Nous avons ajouté des banquettes dans des zones à haut risque d'érosion de l'amont du bassin (fig. 14) : dans ces nouvelles zones de simulations la valeur du facteur anti-érosif (P) devient inférieure à 1.



14. Localisation des zones de simulation n° 2 par ajout de banquettes à l'amont du bassin versant

Tableau 6. Résultats de simulations			
Avant simulation		Après simulation	
Une année moyenne (R = 112)		SIM 1	SIM 2
Transport solide (t)	7 995	7 963	7 407
Différence		-32	-588
Érosion spécifique (t/ha/an)	14,8	14,7	13,7
Différence		-0,1	-1

Les résultats de simulations par le modèle SEAGIS en modifiant les valeurs du facteur anti-érosif (P) par ajout de cordons en pierres sèches (SIM1), par ajout de banquettes (SIM2), sont présentés dans le [tableau 6](#).

Ces résultats montrent que la modification du facteur (P) a bien un effet sur l'érosion ; plus sa valeur diminue et tend vers zéro, plus l'érosion spécifique diminue, de 0,1 t/ha/an à 1 t/ha/an sur l'ensemble du bassin versant. L'ajout de banquettes aux cordons en pierres sèches se traduit par une diminution de 588 tonnes de transport solide par an pour le bassin versant en année moyenne.

Conclusion

La méthode, que nous venons de décrire, contribue à la compréhension, à l'analyse et à la quantification de l'érosion hydrique d'un bassin versant dans la Dorsale tunisienne. En combinant un modèle de prévision des pertes en sol avec un système d'information géographique, elle donne une dimension dynamique aux informations de terrain et, en simulant les situations les plus réalistes, permet aux décideurs de mieux cibler leurs stratégies d'interventions préventives. La simulation donne des résultats qui, toutefois, laissent bien des questions en attente, notamment quant à l'influence directe des cordons de pierres sèches et des banquettes sur l'érosion spécifique.

Références bibliographiques

- COLLINET J., ZANTE P., BALIEU O., GHESMI M. (2001). *Cartographie des risques érosifs sur le bassin versant du barrage collinaire de Zanfour (Nord Dorsale tunisienne)*. Tunis: CRDA du Kef, IRD, 39 p. + annexes.
- CONSERVATION DES EAUX ET DES SOLS (CES) (1995). *Guide de conservation des eaux et du sol*. Tunis: CES, 273 p.
- CONSERVATION DES EAUX ET DES SOLS (CES) (2000). Avant-projet détaillé. Études techniques et sociales de cinq sites de lacs collinaires dans le gouvernorat de Siliana, site oued Jannet. Juillet 2000. Union européenne, programme DRI/GRN, sous-programme « développement local autour des lacs collinaires ». Tunis: Ministère de l'Agriculture et des Ressources hydrauliques
- DANISH HYDRAULIC INSTITUTE (DHI) WATER AND ENVIRONMENT (1999). *SEAGIS: Soil Erosion Assessment Using GIS. Documentation and User Guide, Version 1.0*. Horsholm: DHI, 48 p.
- DANISH HYDRAULIC INSTITUTE (DHI) WATER AND ENVIRONMENT (2002). *Soil Erosion Assessment using GIS Version 1.0 Documentation and User Guide SEAGIS*. Horsholm: DHI, 23 p.
- ESTÈVES M. (1991). ARES 2.01, Programme de traitement des relevés pluviographiques intégraux (ex POHIZG]. Montpellier: ORSTOM, Laboratoire d'Hydrologie.

- MANSOURI T. (2001). *Modélisation spatialisée des écoulements et du transport solide des bassins versants des lacs collinaires de la Dorsale tunisienne et du cap Bon*. Tunis: Fac. Sc. Math. Phys. et Nat. de Tunis, thèse de doctorat, 264 p.
- MASSON J.-M. (1971). *L'Érosion des sols par l'eau en climat méditerranéen. Méthodes expérimentales pour l'étude des quantités érodées à l'échelle du champ*. Montpellier: Université des Sciences et techniques du Languedoc-Montpellier 2, thèse de doctorat, 213 p. + annexes.
- MORSCHER J., FOX D. (2004). « Une méthode de cartographie du risque érosif: application aux collines du Terrefort lauragais ». *Mappemonde*, n° 76 (4-2004).
- REJEB M.M. (1996). *Contribution à l'étude de l'érosion et de l'envasement de la retenue collinaire dans le bassin versant de Saadine 1 (Tunisie) à l'aide du système d'information géographique (SIG)*. Louvain: Fac. Sci. Agro., mémoire d'ingénieur master, 173 p.
- RENARD K.G., FOSTER G.R., WEESIES G.A., McCOOL D.K., YODER D.C., eds (1997). « Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) ». *Agr. Handbook*, p. 403-404.
- ROOSE E. (1994). « Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES) ». *Bulletin pédologique de la FAO 70*. <http://www.fao.org/docrep/t1765f/t1765f00.htm>
- SAADAoui M. (1996). « Érosion et transport solide dans les bassins versants et l'envasement dans les retenues des barrages ». *Sol de Tunisie. Bulletin de la Direction des sols*, n° 17, p. 12 – 36.
- WISCHMEIER W.H., SMITH D.D. (1978). « Predicting Rainfall Erosion Losses, a Guide to Conservation Planning ». *Agr. Handbook*, n° 537, 58 p.
- WISCHMEIER W.H. (1974). « New developments in estimating water erosion ». *29th Meeting Soil Cons. Soc. Amer. Syracuse*, p. 179-186.

Adresse des auteurs

Lilia Ben Cheikha, Moncef Gueddari, Faculté des Sciences de Tunis. UR Géochimie et Géologie de l'Environnement. Campus Universitaire. 1060 Tunis. Courriel : dglilia@voila.fr