

# Facteurs du ravinement dans la dorsale tunisienne et le cap bon

H. REBAI<sup>1</sup>, D. RACLOT<sup>2</sup> & H. BEN OUEZDOU<sup>1</sup>

(Reçu le 09/01/2012; Accepté le 15/03/2012)

## Résumé

Au sein d'une stratégie nationale de mobilisation des eaux de surface, la Tunisie a réalisé près de 700 lacs et barrages collinaires depuis les années 90, principalement dans la Dorsale tunisienne et le Cap Bon. En contribuant à l'envasement de ces retenues, l'érosion hydrique diminue la capacité de mobilisation. Pour raisonner une stratégie de lutte anti-érosive dans les bassins versants qui soit plus efficace que ce qu'elle n'est actuellement, il est fondamental de mieux identifier et comprendre les principaux mécanismes responsables de l'envasement des retenues. En milieu méditerranéen, le rôle des très nombreux systèmes ravinaires a plusieurs fois été pointé du doigt pour expliquer l'envasement rapide de certaines retenues.

Dans ce contexte, le présent travail se fixe comme objectif d'évaluer, à l'échelle de la Dorsale et du Cap Bon, les facteurs qui expliquent la présence et la dynamique morphologique actuelle du ravinement.

Pour cela, une démarche en trois étapes a été retenue. Il s'agit d'abord de cartographier, sous SIG, l'évolution des caractéristiques (position, caractéristiques géométriques, processus actifs) du réseau hydrographique (oueds et ravins) sur une période de plus de 50 ans par interprétation de différents jeux de photographies aériennes actuelles et historiques. Une cartographie des facteurs, aussi bien bio-physiques (géologie/pédologie et pente) qu'anthropiques (occupation du sol et aménagements), susceptibles d'expliquer la présence et la morpho-dynamique des systèmes ravinaires est également réalisée. La seconde étape consiste à établir le rôle des facteurs biophysiques et anthropiques sur la présence de ravins en analysant les corrélations spatiales entre facteurs et présence de ravins pour l'ensemble des dates analysées. La dernière étape consiste à analyser le rôle associé de ces mêmes facteurs et du climat sur la dynamique du ravinement en recherchant cette fois ci des corrélations spatiales entre facteur et évolution des longueurs de ravins pour chaque période séparant deux cartographies.

Cette démarche, mise en œuvre sur plusieurs bassins versants représentatifs de la diversité des contextes de la Dorsale Tunisienne et du Cap Bon, permet de quantifier les facteurs prépondérants de la distribution et de la dynamique actuelle des ravins sur chaque bassin et à l'échelle de la Dorsale Tunisienne et du Cap Bon. La lithologie et la pente sont les deux facteurs les plus impliqués dans l'explication de la présence des ravins. En fait, la lithologie formée de roche dure montre beaucoup moins de densité de ravins que les autres lithologies (intercalation roche tendre/roche dure, et roche tendre). Par contre, plus la pente est élevée plus la densité des ravins est forte. La dynamique dans le temps du ravinement dans la Dorsale tunisienne et le Cap Bon est fortement dépendante du facteur climatique et des interventions humaines (aménagements de conservation des eaux et des sols et défrichement de la forêt)..

**Mots-clés:** érosion, Dorsale tunisienne et Cap Bon, ravinement, photographies aériennes, SIG.

## INTRODUCTION

De par ses conditions physiques, géomorphologiques et hydro climatiques, la Tunisie est depuis longtemps le siège d'une dégradation importante de ses sols par l'érosion hydrique. Des traces de lutte contre l'érosion remontant avant l'occupation romaine en témoignent. Cependant, au 20<sup>ème</sup> siècle l'explosion démographique a conduit à une augmentation de la pression anthropique sur les ressources en sol et par conséquent à leur dégradation. Aujourd'hui, près de trois millions d'hectares des sols agricoles, soit plus de la moitié de la surface agricole utile est touchée par l'érosion hydrique (Ministère de l'Agriculture, 2003).

Des mesures visant à lutter contre cette dégradation ont partout été mises en place et progressivement intensifiées depuis l'Indépendance. Une stratégie nationale de conservation des eaux et des sols a été définie en 1991 et renouvelée en 2000. Elle a conduit à la réalisation de près de 700 lacs et barrages collinaires (700 autres sont prévus pour la décennie 2010-2020) et de nombreux ouvrages de Conservation des eaux et des sols sur les versants. L'envasement rapide de certaines retenues localisées

dans la Dorsale tunisienne et le Cap Bon révèle la nécessité de développer une stratégie d'actions anti-érosives au sein des bassins versants plus efficace que ce qu'elle n'est actuellement.

Pour raisonner et optimiser cette stratégie, il est fondamental de bien identifier et comprendre les principaux mécanismes responsables de l'envasement des retenues. Cela passe notamment par la quantification de la part respective entre l'érosion diffuse et l'érosion ravinatoire, c'est-à-dire par l'identification de l'origine des sédiments sachant que les techniques de traitement anti-érosif sont directement tributaires de la forme d'érosion prédominante. Or plusieurs études récentes semblent montrer que le rôle joué par les systèmes ravinaires peut être prédominant. De Vente et al (2006 et 2008) ont par exemple montré que la présence de systèmes ravinaires constituait un facteur explicatif significatif de la quantité de sédiments à l'échelle d'une large gamme de bassins versants sur la rive Nord de la Méditerranée. Pour Poesen et al (2003), les ravins seraient à la fois un élément facilitant le transfert des sédiments provenant des parcelles en amont et également une source de sédiments. En étudiant l'évolution morphologique

<sup>1</sup> Département de géographie, Fac. Sciences Humaines et Sociales, Boulevard 9 Avril, 1934, Tunis, Tunisie; houdarebai@gmail.com, habenouezou@gmail.com

<sup>2</sup> IRD-UMR LISAH (IRD-INRA-SupAgroM), 2 place viala, 34000 Montpellier, France; damien.raclot@ird.fr

de 2 ravins sur des sols à fortes dynamiques structurales de la Dorsale tunisienne et du Cap Bon, Collinet et Zante (2005) ont en effet montré que le ravinement pouvait produire 10 à 50 fois plus que de sédiments que l'érosion diffuse à l'échelle du versant.

Dans ce contexte où le rôle joué par les systèmes ravinaires dans l'envasement des retenues est fortement pointé du doigt, il devient urgent de réfléchir à nouveau sur les modes d'actions permettant de limiter l'apparition et le développement de ces éléments. Pour cela il est nécessaire de préciser et évaluer les rôles des différents paramètres, aussi bien bio-physiques qu'anthropiques, qui déterminent la présence et la morpho-dynamique des systèmes ravinaires.

Le présent travail se fixe comme objectif de quantifier, sur la Dorsale et le Cap Bon, les facteurs qui expliquent la présence des ravins. Il repose sur une confrontation statistique entre les facteurs explicatifs, biophysiques et anthropiques, et les variables à expliquer.

## MÉTHODOLOGIE

### Sites d'étude

La zone d'étude, à savoir la Dorsale tunisienne et le Cap Bon, a été retenue car elle intègre une très large gamme de facteurs tant bio-physiques et anthropiques, et par conséquent une diversité de situations en terme de densité de systèmes ravinaires.

Étant donné la lourdeur de l'acquisition des facteurs susceptibles d'expliquer la présence et la dynamique des systèmes ravinaires, nous avons choisi de nous limiter à cinq bassins versants répartis dans la zone d'étude. Ce choix résulte d'une typologie réalisée sur une trentaine de bassins versants (Khébour et al. 2002) constituant un réseau d'observation et de suivi en

permanence depuis 1994, par l'IRD et la DACTA-CES, de l'érosion arrivant dans des retenues collinaires. Grâce à cette typologie, cinq lacs collinaires représentatifs de la dynamique hydrologique et morpho-pédologique de la Dorsale et le Cap Bon ont été identifiés. Il s'agit des lacs collinaires d'El Hnach, Sbaihia, Fidh Ali, El Melah, Kamech et Gbail (voir figure 1).

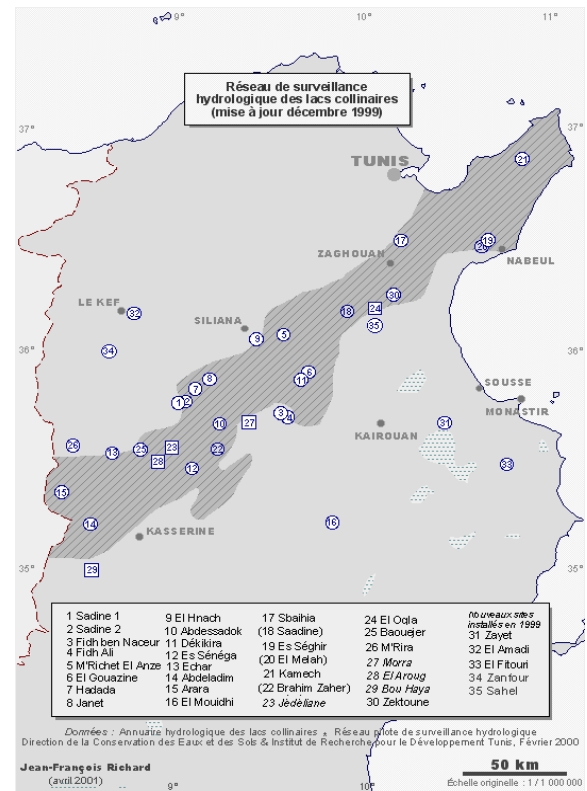


Fig. 1. Localisation des sites d'étude

Ces bassins versants présentent les caractéristiques suivantes (voir tableau 1) :

Tableau 1. Caractéristiques physiques des bassins versants représentatifs de la Dorsale tunisienne et du Cap Bon

bassin versant	Fidh_Ali	Gbail	El Hnach	El Melah	Sbaihia
Gouvernorat	Kairouan	Nabeul	Siliana	Nabeul	Zaghouan
Surface km <sup>2</sup>	2,5	3,4	3,7	0,6	3,6
Périmètre km	6,7	7,8	8,7	3,3	8,5
Longueur du rectangle équivalent	2,3	2,7	3,9	1,1	3,1
Indice de compacité	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3
Aspect du réseau hydrographique	radial	dérangé	l'oued principal en arête de poisson	radial	dendritique
Altitude max	360	240	745	190	480
Altitude min	460	80	500	90	200
Dénivelé	100	160	245	100	280
Climat	semi-aride inférieur avec une moyenne pluviométrique de 375 mm	sub humide avec une moyenne pluviométrique de 625 mm	semi-aride supérieur avec une moyenne pluviométrique de 450 mm	semi-aride inférieur avec une moyenne pluviométrique de 448 mm	semi-aride supérieur avec une moyenne pluviométrique de 436 mm
Géologie	calcaires, argiles gypseuses	Argiles, grès et sables	calcaires, encroûtement, marnes et argiles	Argiles du pliocène, grès et sables	marnes, calcaires, argiles, encroûtement
Occupation du sol	35 % : culture 65 % : parcours	22,3 % : culture 77,7 % : forêt	46,8 % : culture 53,2 % : sol nu, zone inculte et parcours	58,4 % : culture 41,6 % : garrigue	49,2 % : culture 47,3 % : forêt 3,5 % : zone inculte
Aménagement	6 % : seuils de pierres sèches	Sous forêt	32 % : banquettes+ seuils de pierres sèches+ cordons pierreux+ plantations	Non aménagé	41,3 % : banquette
% culture non aménagé	35	19,8	20,7	58,4	7,8

## Méthodes

L'approche méthodologique suivie pour évaluer, à l'échelle des petits bassins versants de la Dorsale tunisienne, les facteurs qui expliquent la présence et la dynamique morphologique récente du ravinement repose sur trois axes principaux.

Il s'agit d'abord de cartographier, sous un système d'information géographique, l'évolution des caractéristiques (position, caractéristiques géométriques, processus actifs) du réseau hydrographique (oueds et ravins) sur une période de plus de 60 ans par interprétation d'une série de photographies aériennes à différentes échelles que l'on a complété avec des relevés détaillés de terrain.

La seconde étape consiste à établir le rôle des facteurs biophysiques et anthropiques sur la présence de ravins en analysant les corrélations spatiales pour l'ensemble des dates analysées. L'identification des facteurs déterminants de la présence des ravins sera étudiée statistiquement facteur par facteur dans un premier temps, puis tous les facteurs réunis dans un second temps.

La dernière étape consiste à analyser le rôle associé de ces mêmes facteurs, du climat et des aménagements (s'ils existent) sur la dynamique du ravinement en recherchant cette fois-ci des corrélations spatiales entre facteur et évolution des longueurs de ravins pour chaque période séparant deux cartographies. Ce suivi permettra d'évaluer la dynamique d'extension spatiale des ravins sur une période de quelques décennies et expliquer le rythme de l'extension en fonction des différents contextes.

## DONNÉES DISPONIBLES

### Les photographies aériennes

Selon les bassins, plusieurs jeux de photographies aériennes à des échelles différentes ont été mobilisés pour cette étude. La plus ancienne date de 1948 pour le bassin versant de Sbaihia, et de 1952, pour les bassins versants d'El Hnach et Fidh Ali tandis que pour les bassins versants de Gbail et El Melah, la mission la plus ancienne remonte à 1962. Le tableau 2 ci-après reprend les différentes missions de photographies aériennes retenues pour chaque bassin versant.

Toutes les photographies aériennes ont été scannées à une résolution de 1200 dpi, géoréférencées et intégrées sous SIG. Nous avons ensuite choisi d'analyser uniquement la partie centrale de chaque photographie, ce qui permet de minimiser les distorsions géométriques induites par le relief en prise de vue conique.

**Tableau 2. Liste de photographies aériennes utilisées pour les 5 bassins versants représentatifs de la Dorsale tunisienne et le Cap Bon**

Mission	1948	1952	1962	1974	1982	1985	1989	2000	2009 (Google Earth)
Echelle	1/12500	1/12500	1/12500	1/25000	1/25000	1/20000	1/50000	1/20000	
Bassin versant	Sbaihia		Sbaihia		Sbaihia		Sbaihia	Sbaihia	Sbaihia
			Gbail			Gbail			Gbail
			El melah		El melah				El melah
		Fidh ali	Fidh ali	Fidh ali			Fidh ali		Fidh ali
		El Hnach	El Hnach	El Hnach			El Hnach	El Hnach	El Hnach

## Les affleurements lithologiques

Le facteur lithologique est issu d'une simplification de la carte géologique en trois groupes : le premier groupe est formé de roches dures, le deuxième groupe est formé d'intercalations entre roches tendres et roches dures et le troisième groupe est formé de roches tendres (voir tableau 3).

**Tableau 3. Pourcentages des formations lithologiques par rapport à la superficie dans les bassins versants de la Dorsale et le Cap Bon**

Compartiment lithologique	Fidh Ali	Gbail	El Hnach	El Melah	Sbaihia
Dur			11,8		
Intercalation	100		34,1		57,3
Tendre		100	54,1	100	42,7

## La pente

Les pentes ont été dérivées des courbes de niveau des cartes topographiques au 1 :50000 ou 1 :25000 puis regroupées en cinq classes. Les seuils entre les classes ont été choisis pour couvrir la susceptibilité de déclenchement des mécanismes de l'érosion (Biro, 1965) : secteurs stables, puis secteurs où prédomine l'érosion diffuse, puis secteurs pour lesquels apparaissent des mécanismes d'érosion linéaires de plus en plus marqués (voir tableau 4).

**Tableau 4. Pourcentage des classes de pente par rapport à la superficie**

	Fidh Ali	Gbail	El Hnach	El Melah	Sbaihia
0-3°	42,6	50,7	20,1	33,9	18,4
3-6°	29,8	29,9	6,3	17,8	3,9
6-15°	24,2	19,4	56,5	41,2	38,1
15-20°	2,6	0,1	10,3	3,8	18,4
>20°	0,8		6,8	3,3	21,1
Total	100	100	100	100	100

## RÉSULTAT ET DISCUSSION

### Analyse de la présence des ravins

La densité de drainage des systèmes ravinaires dans la zone d'étude, à savoir la Dorsale tunisienne et le Cap Bon est caractérisée par une grande variabilité. Cette dernière est étroitement dépendante de la diversité des facteurs tant

**Tableau 5. Répartition de la densité de drainage (en m/ha) en fonction de la pente et la lithologie dans les bassins versant de la Dorsale tunisienne et le Cap Bon**

Pente en °	Lithologie	Fidh Ali	Gbail	El Hnach	El Melah	Sbaihia
0-3°	Dur			3,2		
	Intercalation	118,8		112,2		83,5
	Tendre		24,3	110	49,9	77,8
3- 6°	Dur			30,9		
	Intercalation	138,4		27,1		51,3
6-15°	Tendre		29,9	20	37,8	64,1
	Dur			14,8		
	Intercalation	151,6		81,8		30,1
	Tendre		12,1	71,1	96,1	31,1
15-20°	Dur			18,2		
	Intercalation	172,8		110,5		58,6
	Tendre			113,9	115,7	49,9
>20°	Dur			31,1		
	Intercalation	119,9		95,9		54,7
	Tendre			86,8	69,7	61,7
Densité de drainage m/ha		134,3	24,2	80	68,5	51,3

biophysiques qu'anthropiques (voir tableau 5).

L'étude des relations entre la nature lithologique des différentes unités géologiques affleurantes, la pente et la densité du réseau hydrographique omet une grande variabilité entre les différents types de roches pour les différents bassins versants représentatifs de la Dorsale tunisienne et le Cap Bon.

La concentration du ravinement est plus importante sur les faciès caractérisés par des intercalations de roche tendre et roche dure tel le cas du Fidh Ali et roche tendre tel El Hnach. La lithologie dure dans le bassin versant El Hnach est synonyme de beaucoup moins de densité de ravines que les autres lithologies (intercalation roche tendre/roche dure, et roche tendre) qui se comportent par contre, quant à elles, d'une façon proche (Rebai, 2006). Dans le bassin versant de Fidh Ali, la vulnérabilité des roches intercalées à l'action de l'érosion ravinatoire est conjuguée à une importante mise en culture des terres non protégées. Ces conditions se conjuguent pour donner une densité forte des ravines. Toutefois, le facteur pente semble être, en présence d'une lithologie à prédominance meuble, le moteur de l'action de l'érosion ravinatoire dans le bassin versant d'El Hnach. Dans ce bassin aménagé à 32 % de sa superficie, les pentes supérieures à 15° représentent 17 % du bassin versant et la lithologie tendre 54%, la densité de drainage est par conséquent forte. La tendance la plus marquée est que la densité de ravines tend à augmenter quand la pente augmente (si on ne considère pas la classe 0-3° qui comporte beaucoup d'éléments du réseau hydrographique) (Rebai, 2006).

Par contre, dans le bassin versant de Gbail, en dépit de la présence d'une lithologie tendre en totalité, la faible densité de drainage trouve son explication dans la contribution d'autres facteurs notamment l'importance des pentes faibles (50,7% de la superficie du bassin versant ayant une pente inférieure à 3°) et dans l'extension de la forêt qui couvre 77,7% de la superficie du bassin versant. Par ailleurs, dans le bassin versant d'El Melah, à la lithologie meuble, s'ajoute l'effet de l'occupation du sol avec 50,7 % des terres de culture non protégées contre le ravinement

pour expliquer la densité relativement forte du ravinement. Dans le bassin versant de Sbaihia, l'effet des pentes fortes (39,5% de la superficie du bassin versant ayant une pente supérieure à 15°) a été modéré par l'importance d'une part des aménagements de lutte contre l'érosion ravinatoire (42 % de la superficie du bassin versant) et d'autre part par la présence d'une couverture forestière abritant 47,3 % du bassin versant.

### Evolution de la longueur du réseau de drainage

La photo-interprétation des différents jeux de photographies et de la vérité terrain relevée en 2009, a permis une cartographie de la progression du réseau hydrographique entre 1948 et 2009 dans cinq bassins versants de la Dorsale tunisienne et le Cap Bon. La progression s'est effectuée par les mécanismes de recul de tête et de naissance de nouveaux ravins.

Dans le bassin versant d'El Melah, la progression annuelle moyenne en 47 ans (entre 1962 et 2009) est de 40 m. Dans ce bassin versant, la longueur des ravines est accrue de 2,3 km en 1962 à 4,2 km en 2009.

Dans le bassin versant d'El Hnach, la longueur de réseau de drainage est passée de 23,1 km en 1952 à 29,4 km en 2004, soit une progression moyenne annuelle de plus de 121 m.

Dans le bassin versant de Sbaihia, cette progression moyenne annuelle est de 40,5 m, la longueur des ravines est passée de 15,7 km en 1948 à 18,2 km en 2009.

Quant au bassin versant d'El Melah, la progression annuelle moyenne en 47 ans (entre 1962 et 2009) est de 39,2 m. Dans ce bassin versant, la longueur des ravines est accrue de 2,3 km en 1962 à 4,2 km en 2009.

Dans le bassin versant de Gbail, la prolifération des ravines s'est effectuée avec 54,9 m annuellement, la longueur des ravines est passée de 7,3 km en 1962 à 9,9 km en 2009

Le tableau ci-après récapitule les évolutions du réseau de drainage dans les autres bassins versants (tableau 6)

**Tableau 6. Progression moyenne annuelle du réseau hydrographique**

Bassin versant	Fidh Ali (entre 1952 et 2009)	Gbail (entre 1962 et 2009)	El Hnach (entre 1952 et 2004)	El Melah (entre 1962 et 2009)	Sbailia (entre 1948 et 2009)
Progression moyenne annuelle	120	55	121,8	39,2	40,5

Dans le bassin versant de Sbailia, la tendance générale vers l'accroissement du réseau hydrographique ne néglige nullement l'existence d'une tendance inverse vers la régression de la longueur du réseau de drainage. Cette régression a été observée lors de la période 1948-1962. Au cours de cette période, la longueur des ravines a reculé de 5,9 km soit 42 m annuellement et coïncide avec la plantation de la forêt. Actuellement, le bassin versant de Sbailia subit une action de défrichement très intense surtout par brulis.

L'évolution de la progression annuelle du réseau hydrographique dans ces cinq bassins versants est très variable. On remarque que sans considérer la couverture forestière et l'intervention anthropique par la réalisation des aménagements, l'augmentation de l'agressivité du climat dans ces bassins versants a été très propice à la progression du ravinement.

## CONCLUSION

L'objectif fondamental de cette étude est l'analyse dans la Dorsale tunisienne et le Cap Bon des facteurs susceptible d'expliquer la présence des ravines ainsi que les facteurs qui expliquent leur dynamique morphologique dans le temps. La topographie du terrain (pente) et la lithologie sont les deux principaux facteurs incriminés dans l'explication de la présence des ravins.

Dans le bassin versant de Fidh Ali, en présence d'une lithologie à intercalation de roche tendre et roche dure, c'est la classe de pente comprise entre 15 et 20° qui montre la sensibilité la plus forte au ravinement. Dans ce bassin, la dynamique morphologique dans le temps semble être conditionnée, outre le caractère torrentiel des pluies (occurrence de 2,3 jours de pluie sup à 30 mm/an) par une surexploitation des terres de cultures dépourvues d'aménagements.

Dans le bassin versant de Gbail, bassin versant très peu pentu à roche tendre, la classe comprise entre 3 et 6° est la plus vulnérable au ravinement. A travers le temps, la présence d'une couverture forestière dense (77,7 % de la superficie du bassin versant) entrave le développement ou la progression rapide des ravins même dans les conditions climatiques les plus agressives.

Dans le bassin versant d'El Hnach se sont essentiellement les formations intercalées (roche tendre/roche dure) pour les pentes supérieures à 15° qui sont les plus affectées par le ravinement. A cela, s'ajoute l'agressivité du climat le long de la période étudiée pour expliquer la progression rapide du ravinement.

Dans le bassin versant d'El Melah où la lithologie est tendre, la classe de pente comprise entre 15 et 20° est la plus soumise à une forte action de l'érosion ravinatoire. Dans ce bassin versant, la dynamique des ravins semble être fortement liée à une exploitation intensive des terres de culture (plus que 50% des terres de cultures sont non aménagées) qui vient s'ajouter à la nature meuble de la lithologie et des pentes relativement fortes.

Dans le bassin versant de Sbailia, c'est essentiellement la classe de pente comprise entre 0 et 3° qui est la plus concernée

par le ravinement. Ce bassin a connu deux tendances dans le temps. Une première tendance au cours de la période 1948/1962, au cours de laquelle, le réseau hydrographique a enregistré une régression annuelle de l'ordre de 54 m et elle a correspondu à l'extension de la forêt. La régression n'a pas influencé la tendance à l'accroissement du réseau hydrographique observée tout au long de la période étudiée soit 61 ans. Une deuxième période, lors de laquelle le réseau hydrographique a continué sa tendance à l'accroissement et des tentatives d'aménagements des terres de cultures par des banquettes ont été réalisées. Ces aménagements ont été accompagnés par des défrichements de la forêt.

L'identification des facteurs qui déterminent la présence et la dynamique des systèmes ravinaires sur ces bassins, s'intègre dans une perspective dont les retombées opérationnelles sont d'ordres socioéconomiques :

- une orientation des stratégies anti-érosives pour protéger les infrastructures hydrauliques (barrage, lacs...) et les terres agricoles, à savoir l'identification des zones à fort risque de ravinement et l'identification des meilleurs moyens de lutte pour contrer ce phénomène.
- une aide au choix des emplacements pour l'implantation de nouvelles retenues collinaires.
- une aide au développement de modèles de prédiction spatialisée intégrant le risque d'érosion par ravinement.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Collinet, J. et Zante, P. (2005) Analyse du ravinement de bassins versants à retenues collinaires sur sols à fortes dynamiques structurales (Tunisie). Géomorphologie: relief, processus, environnement, vol.1, p61-74.
- De Vente J. Poesen J., Bazoffi P., Van Rompaey A., Verstraeten G. 2006 Predicting catchment sediment yield in mediterranean environments: the importance of sediment sources and connectivity in italian drainage basins. Earth surface processes and landforms, vol. 31, p 1017-1034.
- De Vente J. Poesen J., Verstraeten G., Van Rompaey A., Govers G. Spatially distributed modelling of soil erosion and sediment yield at regional scales in Spain. Global and planetary change, vol 60. P 393-345.
- Khebour F., Labiadh M., Richard J.-F. Et Temple E. (2002) - L'eau et le paysage, une typologie des petits bassins-versants de la dorsale tunisienne. Eude préliminaire. IRD Tunis, p15.
- Ministère De L'agriculture Et Des Ressources Hydrauliques (2003) Rapport sur la situation de l'impact de l'érosion sur les terres agricoles en Tunisie.
- Poesen J., Nachtergaele J., Verstraeten G., Valentin C. (2003) Gully erosion and environmental change: importance and research needs. Catena, vol. 50 no 2-4, p 91-133.
- Rebai, H. (2006) Etude de l'érosion et de l'évolution du paysage par l'élaboration d'un système d'information géographique. Cas du bassin versant d'El Hnach (Siliana, Tunisie). Presses de l'Université de Tunis, p 140.