

## L'ÉROSION ANTHROPIQUE EN PAYS MÉDITERRANÉEN

### le cas du Maroc septentrional

LAOUINA A. (1), CHAKER M. (1), NACIRI R. (1) et NAFAA R. (2)

L'explication anthropique est souvent invoquée pour interpréter l'état dégradé du milieu et l'exagération actuelle des phénomènes érosifs. Des postulats sont avancés faisant état d'un rythme d'évolution rapide, ou catastrophique.

En milieu méditerranéen, l'espace subit des pressions très fortes, notamment dans le domaine montagneux (Dufaure et al., 1984).

• L'espace cultivé en sec est fragile puisqu'il occupe des versants parfois raides, en plus des dépressions intramontagnardes ; son extension s'opère sur des milieux de plus en plus marginaux ;

• L'espace pastoral est fortement dégradé à cause de la surcharge qui résulte à la fois de la mise en culture de nombreux parcours et de la politique de reforestation ;

• L'espace forestier est l'objet de prélèvements excessifs ; c'est souvent le seul parcours disponible ; par ailleurs le bois constitue la seule source d'énergie abordable ; sa gratuité explique d'ailleurs certains excès de prélèvements non imputables au besoin.

Les problèmes écologiques sont donc multiples et graves. Ils compromettent à la fois le rôle fondamental que joue la montagne comme château d'eau alimentant la plaine et sa fonction de patrimoine culturel et historique inestimable.

C'est pourquoi de nombreuses interventions ont cherché à réparer les dommages écologiques et ont visé notamment la protection anti-érosive des bassins-versants. Deux postulats ont constamment orienté l'aménagement.

• Le postulat de l'érosion anthropique développe l'idée que l'érosion, phénomène naturel et ancien, a été fortement aggravée par la mise en culture, la surcharge pastorale et les excès de cueillette de bois ; tout territoire exploité est donc considéré comme en voie de dégradation ; celle-ci agirait en stérilisant des surfaces de plus en plus larges de terrain, avec l'extension des cultures aux terres

---

(1) Laboratoire de Géomorphologie - Université Mohammed V - Rabat.

(2) Laboratoire de Géomorphologie - Université HASSAN II - Mohammédia.

marginales; la superficie des terrains dégradés tendrait à croître de manière exponentielle ;

- Le postulat de la dégradation rapide des terrains découle d'une évaluation catastrophiste de l'érosion actuelle ; le modèle étaye l'idée d'une transformation rapide des terres défrichées et cultivées en bad-lands dans un horizon de 5 à 10 ans.

Sur la base de ces deux postulats, les aménageurs ont mis en place des modes d'intervention spécifiques, visant deux buts :

- Une intervention intégrée sur tous les facteurs de dégradation, dans le but d'appliquer une thérapie n'excluant aucune composante ;

- Une intervention généralisée sur le plan spatial, traitant intégralement tous les processus quelle que soit leur gravité réelle.

L'absence de choix réellement exprimés et d'une véritable programmation des actions explique en partie l'échec de nombreuses expériences d'aménagement. Souvent on restait indécis sur l'efficacité réelle des différents processus d'érosion. C'est pourquoi des recherches ont été menées, dans le but d'analyser la pertinence des hypothèses de départ et de les nuancer.

#### *1- LES LECONS DES QUANTIFICATIONS DISPONIBLES*

Les premières recherches ont été lancées en 1968, dans le Prérif; elles se sont poursuivies dans le Rif, mais n'ont pas duré plus de trois années consécutives (Heush, 1970). En 1990, un deuxième programme de mesures a été entamé dans différentes régions du Maroc septentrional dans le but de nuancer les affirmations tranchées présentées lors de la première campagne.

##### *1-1 Conclusions des mesures de la Station de Recherches Forestières*

###### *a- Le rôle fondamental du couvert végétal*

La comparaison de trois petits bassins-versants de même taille, le premier entièrement boisé, le second à moitié défriché et cultivé et le troisième totalement cultivé est tout à fait significative. La dégradation spécifique passe de 585 t/km<sup>2</sup>/an à 1845 puis à 9370. On remarque que le déboisement partiel multiplie l'érosion par trois, alors que le défrichement total a un effet multiplicateur bien plus puissant (x16).

b- Cependant l'érosion sur les versants reste modeste, comparée à ce qui se passe sur le réseau hydrographique (ravines et cours d'eau).

La part relative des différents processus varie selon les années. Ainsi la comparaison des deux années 67,-68 et 68-69 est tout à fait significative (Tableau 1).

Tab. 1- Evaluation de la contribution relative des processus érosifs en 1967-68 et 68-69 (Heush, 1970)

PROCESSUS EROSIFS (en %)	1967-68 (680 mm)	1968-69 (1140 mm)
Erosion sur les versants en nappe- griffes)	3	19
Ravinements et glissements	52	19
Erosion hydrographique (Sapements)	45	62

On remarque que dans les années de pluviosité normale ou déficitaire, l'essentiel du ruissellement s'opère en position hypodermique; les versants ne connaissent pratiquement pas d'érosion; par contre les glissements et les ravinements voient leur contribution fortement rehaussée. En année humide, les processus d'érosion aréolaire et les processus localisés s'égalisent à cause du fonctionnement des griffes sur les versants; mais l'érosion hydrographique prend une part écrasante en liaison avec le caractère soudain des pointes de crue.

Les médianes de dégradation spécifique sur 20 parcelles pendant 3 ans de mesure dans le Prérif oscillent entre 7 et 836 t/km<sup>2</sup>/an, alors que sur grande ravine, les mesures indiquent des valeurs dépassant 15000 t (15000 à 27900).

Dans la même parcelle, la variation d'une année sur l'autre peut être plus élevée que la variation d'une parcelle à l'autre, en fonction de la couverture végétale et de l'utilisation du sol. (Tableau 2)

Tableau 2 : Mesure de l'érosion aréolaire sur parcelles dans le Prérif sur 3 années, (Heush, 1970)

PARCELLES-CONTEXTE ET UTILISATION DU SOL	PENTE %	PRECIPITATIONS (mm)	LAME D'EAU ECOULEE (mm)	PERTE EN TERRE (t/km <sup>2</sup> /an)
Marnes-collines, Parcelle à sol nu	12 à 35	725 à 1196	0 à 300	5 à 5495
Marnes-collines, Blé dur	20	725 à 1196	0 à 68	1 à 1395
Calcaire marneux, matorral & blé dur	65	725 à 1196	0 à 8	1 à 90
Marno-flysch, blé dur	20	725 à 1196	0 à 73	12 à 2193

D'après ces mesures, il semble donc que l'utilisation du sol ne modifie pas de manière suffisamment significative le comportement de l'érosion sur les versants. Le défrichement et la mise en culture multiplient le ruissellement et la perte en terre, surtout là où la culture est menée de manière mécanique ; mais l'érosion n'augmente de manière significative que sur les parcelles maintenues dénudées pendant toute l'année. Sur ces versants nus, le ruissellement peut atteindre des valeurs importantes, en année humide, notamment.

Les mesures de perte en terre en Algérie (Arabi et al, 1989) confirment ces observations. Alors que la dégradation n'est que de 0,04t/ha/an sous matorral et de 0,4t/ha/an sous cultures, elle s'élève à 13t/ha sur sol nu labouré dans le sens de la pente. Cette ablation qui équivaut à 0,13mm/an ne met pourtant pas en péril le sol car l'altération des marnes progresse à une vitesse plus grande (2 à 4 mm/an). Néanmoins le danger provient de l'exagération du ruissellement direct sur ces versants dénudés.

Ce dernier élément joue d'ailleurs un rôle fondamental. L'utilisation du sol accroît le ruissellement direct; les pointes de débit sont plus rapidement atteintes sur les cours d'eau et les ravines. C'est ce qui explique, dans les bassins-versants défrichés, les valeurs fortes enregistrées à l'aval. Les ravines et les cours d'eau exercent une action plus forte, et sont responsables d'une exportation globale de matériaux plus importante.

Ces conclusions sont le résultat de trois années de mesure dans le contexte humide du Prérif et du Rif. Il était difficile donc de les généraliser au milieu marocain très diversifié. Dans le but de confirmer ces hypothèses et de les nuancer, d'autres mesures ont été lancées en septembre 1990 par

quatre équipes de géomorphologues dans quatre régions du Maroc :

- Dans le Maroc oriental, sur trois sites différents, la plaine aride de Taourirt-El Aïoun, le piémont plus arrosé (Tanecherfi) et la montagne semi-aride du Bou Khouali ;

- Dans la montagne rifaine, et plus précisément à Mokrisset, dans la région de Chaouen qui reçoit 1200 à 1300 mm par an ;

- Dans la forêt de la Mamora, aux portes de Rabat, sur sol sableux avec une pluviosité d'environ 550 mm ;

- Dans la forêt de Ben Slimane, au SE de Casablanca, sur des terrains appartenant à la Meseta paléozoïque et une pluviométrie tournant autour de 500 mm.

Nous disposons des résultats de deux campagnes, 1990-91, année humide sauf dans le Maroc oriental et 1991-92 année très sèche.

### *1-2 Conclusions des nouvelles mesures*

Les nouvelles mesures ont été conduites dans des parcelles de 100 m<sup>2</sup> (5 x 20 m).

L'eau ruisselée et sa charge solide ont été recueillies et évaluées à la suite de chaque épisode pluvieux ; ainsi ont pu être calculés le Coefficient de ruissellement (pluies mesurées grâce à un pluviomètre placé à proximité du lot de parcelles), la concentration en matériaux et la perte en sol.

Des observations ont été menées, dans les parcelles sur l'état de surface du sol avant et après les pluies et en dehors des parcelles sur les ravines et les cours d'eau.

Dans chacune des quatre régions d'analyse, une dizaine de parcelles ont été mises en place, différenciées sur la base d'un certain nombre de critères et notamment le couvert végétal, l'utilisation du sol et l'itinéraire technique, dans le but d'évaluer l'impact de l'homme sur l'érosion du sol.

Les résultats enregistrés sont caractérisés par une grande variabilité dans le comportement des parcelles d'une région à l'autre, d'une parcelle à l'autre selon son utilisation, d'une année à l'autre selon la tendance climatique et plus encore d'un épisode pluvieux l'autre selon la saison (croissance des plantes) et selon l'intensité de la précipitation. Les résultats sont assez dispersés, mais ils permettent néanmoins un certain nombre de conclusions.

### 1-2-1 La faiblesse du coefficient de ruissellement

a- Le coefficient de ruissellement est toujours inférieur à 10% ; il est plus souvent proche de 3% dans les situations de ruissellement important; dans certains cas il est inférieur à 1%.

Les mesures qui avaient été conduites à Aix-en-Provence (Clauzon et al., 1969) aboutissaient à des conclusions comparables. Le Cr est de 1,3% sur versant couvert et de 9% sur versant défriché. Mais les auteurs notaient qu'au fil des ans, les valeurs de Cr de la parcelle défrichée avaient tendance à augmenter en liaison avec le cumul d'un effet de dégradation du sol.

En Algérie, (Arabi et al., 1989) le Cr varie normalement entre 0,1 et 7%. Mais il peut atteindre des valeurs fortes (32%) sur parcelles nues lors des grosses averses.

Cependant il est sûr que sur les versants, l'essentiel de l'eau circule en position hypodermique, avant de ressortir en aval dans les ravines et les cours d'eau.

b- Il semble que dans les périodes humides, le Cr est plus fort dans les régions de précipitations fortes et durables ; c'est le cas pendant l'année 90-91 en montagne dans le Maroc oriental, comparée à la plaine aride. Par contre, en période sèche, caractérisée par des précipitations assez intenses, entrecoupées par de longs intervalles sans pluie, le Cr a tendance à être relativement plus forte en plaine aride . Il faut invoquer pour expliquer cela la constitution de croûtes de battance imperméables.

c- Les pluies continues, mais de faible intensité permettent une certaine infiltration de l'eau et réduisent donc le Cr dans les parcelles. C'est le cas des pluies de l'hiver 91-92 dans le Maroc atlantique, caractérisées par leur très faible intensité (Cr toujours inférieur à 0,66 % dans la région de Ben Slimane et à 2 % dans la Mamora).

Le cas de l'épisode pluvieux des 13 et 14 mars 1991 dans la montagne de Bou Khouali est significatif, puisque les 85,8 mm tombés en 48 h n'ont donné qu'un ruissellement de 0,79%, pratiquement équivalent sous forêt et dans un terrain en jachère. Dans les deux cas, l'essentiel de l'eau précipitée s'est infiltrée. Ainsi, sur sol humide non battant, les pluies de faible intensité ne déclenchent pas de ruissellement important.

d- Par contre les épisodes de forte intensité entraînent un ruissellement plus important. Ainsi, en Mamora, c'est l'épisode pluvieux du début du mois d'avril 1992 intervenant avec une certaine intensité, alors que le sol ne

s'est pas encore ressuyé, suite aux pluies de la fin du mois de mars, qui explique les plus forts Cr enregistrés dans l'année. Les pluies intenses sur sol déjà saturé sont donc les plus dangereuses et entraînent un ruissellement immédiat. Sur sol sec, le ruissellement ne débute qu'après un cumul pluviométrique de 18 à 20 mm même si les pluies sont intenses.

Dans le Maroc oriental, c'est sans doute l'évènement pluvieux du 4 Septembre 1991, avec 27 mm de pluie en 20 mn, qui a causé le ruissellement le plus fort (6,7%).

e- Les différentes parcelles se comportent souvent différemment face à la pluie. Le Cr ne varie pas toujours dans le même sens en fonction du couvert végétal et de l'utilisation du sol ; mais quelques idées peuvent être dégagées.

L'état du sol joue un rôle fondamental dans le taux de ruissellement superficiel. Les observations dans le Rif ont montré que plus le sol est dégradé plus le ruissellement est rapide :

- Les sols évolués portant un couvert végétal fermé ou nouvellement défrichés et portant des cultures denses connaissent une infiltration importante ;

- Par contre les sols densément couverts par des cistes de recolonisation, après une longue phase de mise en culture et d'ablation, connaissent un ruissellement superficiel direct; il faut dire néanmoins que ces sols pierreux et résistants ne fournissent qu'une charge solide réduite.

Le Cr, presque toujours plus faible sous forêt que sur terrain défriché, (mis à part des cas observés en Mamora où la litière de feuilles d'eucalyptus aide au ruissellement en nappe) a tendance à être plus important sur les versants en jachère que sur les versants labourés. C'est aussi bien le cas dans le Rif, dans le Maroc atlantique et dans le Maroc oriental. La différence entre parcelles labourées et parcelles en jachère peut atteindre des taux élevés de 1 à 4 ou de 1 à 6.

Il est donc sûr que le labour explique une augmentation de l'infiltration; cet effet tend à s'annuler au printemps, avec le tassement du sol, même sur les champs labourés, et avec la croissance des herbes sur les terrains en jachère. Sans doute faut-il invoquer en hiver lorsque le sol est encore dénudé, le rôle du splash sur un sol tassé par le piétinement des animaux. Par contre sur le sol travaillé, les mottes retardent le déclenchement du ruissellement.

### *1-2-2 La concentration des eaux de ruissellement*

C'est le contenu en matières solides des eaux de ruissellement recueillies au débouché de la parcelle. En plus des matériaux en suspension qui représentent la majorité de ce

qui est recueilli, la concentration comprend aussi certains éléments grossiers charriés par les eaux aux moments du ruissellement violent ou entraînés par les petites formes de solifluxion en planche.

La concentration en matériaux solides n'obéit pas aux mêmes facteurs que le ruissellement; c'est pourquoi il est difficile de trouver une certaine corrélation entre les deux. Au contraire, la concentration est souvent corrélée négativement au volume liquide. Les auteurs parlent souvent d'une corrélation positive concentration/ intensité; mais cela n'a pas été confirmé par les mesures que nous avons menées.

Ainsi il semble que c'est la pluie continue, responsable de la saturation de l'horizon superficiel du sol, qui explique les valeurs les plus fortes de concentration; par contre, les pluies intenses et brèves, accompagnées d'un Cr relativement élevé, ne permettent qu'une concentration modérée.

Ainsi dans le Rif, dans la région de Mokrisset, les pluies de l'hiver 1991 (635 mm en janvier et février), ont permis l'apparition de phénomènes de saturation dans des sites localisés, responsables de la formation de cicatrices d'entraînement de matériaux boueux en planche, dans certaines parcelles particulières (cicatrices de 2 à 3 cm de profondeur, 20 à 30 cm de largeur et une quinzaine de mètres de longueur).

Le processus est lié à l'imbibition du sol et au gonflement des minéraux argileux, ce qui contribue à diminuer l'infiltration et fournit au ruissellement un débit accru et par là une vitesse plus grande. Des mottes de sol imbibé sont alors détachées par le ruissellement sur tout l'espace où la saturation est largement dépassée.

Dans le Maroc oriental, l'épisode pluvieux de mars 91 (85,8 mm en 48 heures) a occasionné un ruissellement dont la concentration a atteint 220 g/l. Il est normal de penser qu'il s'est agi là de matériel boueux qui a transité à la suite de la saturation du sol. La faiblesse du coefficient de ruissellement (0,79 %) et de la quantité ruisselée (90 l pour une surface de 100 m<sup>2</sup>) semblent indiquer qu'il ne s'agit pas uniquement d'un phénomène de ruissellement, mais que l'entraînement a pu prendre la forme d'un écoulement très boueux.

Dans la Mamora, les pluies du début avril 1992 ont peut-être eu des effets comparables; mais la qualité du matériel transporté (sables) semble indiquer qu'il s'agit plutôt de phénomènes de griffures peu incisées dans le matériel de surface et d'un entraînement par charriage. Les sables de l'horizon de surface étaient fortement imprégnés, lorsqu'une pluie d'intensité suffisante a permis de dépasser le seuil de stabilité; l'eau ruisselante s'est concentrée et a creusé de petites veines sous forme de rills. Il est impossible d'estimer



la totalité de l'eau qui a ruisselé puisque les fûts de stockage ont débordé malgré la présence d'un partiteur normalement efficace. La concentration est évaluée à plus de 300 g/l.

Les griffes sont l'indice d'une première concentration de l'eau, même si le ruissellement continue à balayer la quasi-totalité du versant. Le danger correspond au moment du passage du ruissellement en nappe peu puissant au ruissellement en rills ; à ce moment, l'entraînement rapide de matériaux est lié à l'incision d'une veine d'eau. Par la suite, la forme se stabilise en fonction d'un certain débit d'eau (Kalman, 1976) et l'érosion devient pratiquement nulle. Cependant, l'eau est évacuée rapidement et présente donc pour l'aval le danger de formation accélérée des crues. Ces griffes naissent le plus souvent dans la partie moyenne des versants et ne s'étendent vers l'amont que si celui-ci connaît une situation de pluie durable, capable de saturer le sol en profondeur. Les pluies intenses peuvent aussi occasionner dans les veines d'eau un débit plus élevé ; celles-ci se creusent alors et s'élargissent davantage.

Les rills sont fondamentalement influencés par l'utilisation du sol. Le sol en jachère prolongé, tassé et donc moins filtrant, est souvent sujet aux griffures ; la dégradation de la structure du sol liée à son épuisement peut favoriser la même évolution ; mais le travail du sol permet d'effacer les griffes naissantes ; lors des événements pluvieux postérieurs, elles ont alors tendance à changer de localisation ; l'appauvrissement du sol est finalement à terme, inéluctable.

Ce genre d'évolution est spécifique de conditions particulières.

Ainsi parmi les parcelles de Mokrisset, seule la parcelle à pente supérieure à 20%, à sol épais et utilisée pour la culture de lentilles avec des bandes de sol nu, a connu la formation de ces cicatrices. Sur pente et sol comparables, une culture céréalière a connu un entraînement aréolaire important, mais sans l'apparition de formes localisées. De même qu'une parcelle en lentilles sur sol comparable, mais avec une pente plus faible (12%) est restée indemne de ces formes d'entraînement boueux et massif. Il y avait donc conjonction, dans la parcelle 4 de conditions défavorables qui ont permis localement le franchissement du seuil de saturation du sol.

Dans le Maroc oriental, en 1991, la pluie de mars a permis l'apparition de phénomènes d'entraînement massif dans la parcelle 5 en Jachère, avec une concentration qui a atteint 220 g/l, alors que dans la parcelle 6 voisine, le couvert végétal naturel a réduit la concentration à 40g/l.

Dans la Mamora, les griffures sur sol sableux sont apparues début avril 92 sur la parcelle 5, cultivée en maïs le long de la pente, ce qui a permis d'atteindre de très fortes valeurs de concentration, alors que la parcelle 4, en maïs, labourée selon les courbes de niveau indique une concentration nettement plus faible et ne montre pas d'indices de concentration du ruissellement.

En résumé donc, l'utilisation du sol a une influence très nette sur la concentration des eaux de ruissellement en matériaux transportés. La nature des cultures semble directement responsable. Parfois c'est l'abandon des terrains autrefois cultivés qui est en cause. Cependant, l'analyse n'a pas permis de trouver une corrélation étroite entre la concentration des eaux et la perte globale en matériaux.

### *1-2-3 La perte en sol*

Il semble que la perte en sol soit plus corrélable avec la quantité d'eau ruisselée qu'avec la concentration de ces eaux. C'est pourquoi ce ne sont pas toujours les champs portant des indices d'érosion localisée (cicatrices - griffures) qui représentent les cas de perte en sol la plus importante. Mais dans les cas où se conjugue un Cr élevé et une concentration forte, on arrive à des taux de dégradation spécifique aussi importants que ceux enregistrés dans les grandes ravines.

#### *a- Les cas de perte en sol modérés, malgré une forte concentration*

C'est le cas en région à tendance aride, lorsque des pluies particulières déterminent une infiltration importante et une imprégnation forte de l'horizon superficiel. Le dépassement d'un seuil de saturation permet le fonctionnement de processus d'écoulement boueux à la limite de la solifluxion. La concentration enregistrée est très forte, mais la masse entraînée reste somme toute modérée, à cause justement de la faiblesse de la quantité ruisselée. Ainsi, la pluie continue de mars 1991 dans le jbel Bou Khouali a déterminé un Cr de 0,79%, une concentration de 220 g/l et une dégradation spécifique qui n'a pas dépassé 151,5 t/Km<sup>2</sup>.

b- Les cas de perte en sol forte en liaison avec un Cr élevé. Le coefficient de ruissellement détermine la valeur de la Ds quelle que soit la concentration. Les ruissellements importants sont souvent corrélés avec une érosion forte. Ainsi, c'est dans le Rif, montagne humide, connaissant des pluies continues et intenses à la fois, responsables d'un ruissellement direct important, que la perte en sol enregistre les taux les plus élevés. Les taux ont tendance à diminuer vers les régions arides où le ruissellement est exceptionnel sur les versants.

Les pluies caractérisées par une forte intensité expliquent la recrudescence du ruissellement direct, notamment sur les sols nus et les badlands ; c'est notamment le cas des sols limoneux du Maroc oriental. Les forts débits de ruissellement sont alors la cause de l'augmentation de la perte en terre globale, malgré la modération de la turbidité des eaux, Ainsi, la pluie de Septembre 1991, avec 180 l de débit de ruissellement sur 100 m<sup>2</sup> (Cr de 6,7%), après une pluie de 27 mm en 20 mn, a déterminé une dégradation spécifique de 273 t/Km<sup>2</sup>, c'est à dire deux fois l'érosion de la pluie de mars 1991 dont la concentration était beaucoup plus forte, mais dont le Cr ne dépassait pas 0,79%.

*c- Les cas de conjonction d'une perte forte et d'une forte concentration*

Ce sont là les cas où l'érosion devient catastrophique, puisque à la fois le débit et la concentration sont élevés. La charge atteint alors des valeurs maximales. Il est nécessaire dans ces cas que le sol soit saturé et que les pluies se poursuivent avec une intensité accrue; il est aussi nécessaire que les conditions du champ soient favorables (larges plages de sol nu en particulier).

Ce sont là les conditions qui ont été enregistrées dans le Rif en février 1991 et dans la Mamora en avril 1992. Dans les deux cas les fûts collecteurs ont débordé, empêchant ainsi l'estimation exacte du débit; une partie des sédiments (particules fines) a transité avec l'eau de débordement; mais la part qui s'est sédimentée permet d'évaluer la dégradation spécifique à plus de 2000 t/Km<sup>2</sup>, c'est à dire un peu moins de la moyenne de la dégradation enregistrée sur les bassins-versants rifains (3500 t sur l'oued Sra) et autant que la moyenne des bassins-versants pré-rifains (2000 t sur l'oued Lebène).

Il semble donc que les pluies intenses, notamment celles qui surviennent après un long épisode pluvieux responsable de l'imprégnation des sols, soient très dangereuses, principalement sur les champs portant des cultures sarclées aménagées en fonction de la pente. Des formes de concentration de l'érosion apparaissent alors en surface (rills ou cicatrices de ruissellement boueux).

Les pluies plus douces, malgré leur continuité et malgré le déclenchement de phénomènes d'écoulement boueux, comme cela a été enregistré en mars 1991 dans la chaîne du Bou Khouali sur terrain en Jachère, n'amènent pas une recrudescence de l'érosion globale, car ces écoulements boueux sont momentanés et parfaitement localisés.

Mais dans tous les cas, c'est le passage d'une érosion aréolaire à une érosion concentrée qui constitue un seuil dangereux. Le problème est de déterminer dans quelles

conditions se fait ce passage, et sous l'effet de quels facteurs anthropiques? Nous avons observé la constitution de ces formes sur terrain cultivé en maïs ou en lentilles, avec de larges plages de sol nu, et une disposition en fonction de la pente. Une simple amélioration de la technique agricole permet dans les champs avoisinants d'éviter ce genre de problèmes. Mais nous avons aussi observé la constitution d'écoulement boueux à la surface de champs délaissés en jachère. On peut conclure qu'aussi bien le choix d'itinéraires techniques défavorables sur des terres marginales en pente forte, que l'abandon de terrain dans les mêmes conditions de sol et de topographie, peuvent être à l'origine d'une aggravation du phénomène érosif. Dans des conditions exceptionnelles, l'érosion aréolaire sur ces terrains où l'effet anthropique est négatif, tend à s'approcher des valeurs enregistrées sur rigoles et ravines. Ces dernières elles-mêmes voient leur impact augmenter, car le ruissellement chargé sur le versant alimente directement le réseau de ravines qui tendent à devenir de plus en plus dangereuses.

Cette hypothèse adoptée par les géomorphologues et les conservateurs qui ont travaillé au Maroc n'est pourtant pas acceptée par tous. Pour Lilin (1986) par exemple, la dégradation des versants et l'accélération de l'érosion en nappe et du transport qu'elle effectue entraîne au contraire un remblaiement des ravines et la cicatrisation des entailles. Selon cet auteur, il n'y aurait donc pas corrélation positive entre l'érosion aréolaire et l'érosion concentrée. Ceci pose donc le problème de l'évolution récente des processus érosifs et des formes d'érosion.

## 2- L'EVOLUTION RECENTE DES FORMES D'EROSION

Le problème de l'emprise de l'homme sur le processus érosifs se pose avec acuité, car il s'agit de déterminer :

- Sur quels types de processus l'homme a réellement une emprise réelle, c'est à dire ceux qu'il est susceptible d'influer directement, entraînant ainsi une évolution palpable ;

- Sous l'effet de quel contexte démographique, socio-économique, culturel, cette emprise se fait-elle ressentir et en quelque sorte, quel est le contexte le plus dangereux ? Est-ce celui de la colonisation de nouvelles terres, guidée par le besoin ? Est-ce la volonté de prélever le maximum sur des ressources considérées comme gratuites ? Est-ce le contexte de déprise et de déclin de l'oeuvre de protection du sol, des versants et des ouvrages hydrauliques ?

La réponse est loin d'être simple. D'autant plus que l'analyse historique des formes d'érosion et des dépôts qui peuvent leur être reliés ne confirme pas toujours une

corrélation précise Erosion/Emprise humaine (Neboit, 1979). Souvent des facteurs purement naturels sont responsables de l'emballement des processus, comme l'occurrence d'années pluvieuses (années 1962 et 63 par exemple). Pourtant l'analyse des dépôts lacustres confirme un rythme qui s'est amplifié en relation avec l'augmentation de la pression anthropique (Flower et al., 1984). Selon ces auteurs une augmentation sensible du rythme de dépôt dans le lac dans les années 1970 est reliée à des perturbations du sol liées aux plantations d'oliviers dans l'arrière-pays et au drainage d'un terrain, auparavant humide et stable. Mais cette accélération ne dure pas longtemps, puisqu'à nouveau le rythme de dépôt retourne à la normale. Il faut se demander cependant si cette décroissance dans les années 80 n'est pas à relier à la sécheresse de cette décennie.

Dans le Rif, le problème du rythme de l'érosion est compliqué par le fait qu'il faut nécessairement prendre en considération les évolutions antérieures des terrains. De nombreux terrains sont considérés comme actuellement assez stables ; en réalité ce sont des terrains décapés par une phase érosive antérieure. L'affleurement du plancher rocheux empêche la poursuite de l'évolution à un rythme rapide, d'autant plus que la reconquête végétale parvient à freiner encore plus le rythme d'ablation (Pascon et al., 1983).

Dans le but d'estimer les rythmes de l'érosion et la vitesse d'évolution des formes, des travaux de cartographie ont été menés dans plusieurs bassins-versants marocains. Il s'agissait dans un premier temps d'évaluer les surfaces contributives à l'érosion accélérée, c'est à dire toutes les surfaces ravинées ou touchées par les actions latérales de sapement des oueds. Par la suite, des échantillons ont été choisis pour remonter dans le temps, en comparant la situation actuelle avec celle de photographies aériennes anciennes d'une vingtaine d'années.

### *2-1 L'estimation des contributions relatives*

Cette estimation est fondée sur la délimitation précise des domaines occupés par quatre grands types de terrains à l'intérieur de bassins-versants montagneux ou collinaires. La cartographie a donné lieu à une quantification aussi exacte que possible des superficies occupées par chaque forme. Il est apparu que les quatre types de terrains occupent des superficies assez comparables d'un bassin versant à l'autre, malgré la différenciation nette des conditions topographiques, géologiques et écologiques. Ainsi partout, les versants ne montrant pas d'indices d'érosion concentrée priment nettement et occupent entre 70 et 87% de la superficie globale. Ce sont là les terrains soumis directement à l'influence humaine et notamment à l'impact de l'utilisation agricole, pastorale ou sylvicole.

Quatre grands types de terrains et été distingués :

- La forme F1, c'est à dire les espaces plans sans érosion notable, n'occupe qu'un espace très réduit, autour de 1 % dans les bassins-versants montagneux, 8% dans le bassin-versant collinaire du Leben grâce à l'extension relative des basses terrasses alluviales et de quelques croupes à sommet plat ;

- La forme F2 est représentée par les versants à ruissellement aréolaire, à solifluxion laminaire ou à reptation pelliculaire: partout ce type de terrain domine largement (entre 71 et 87 %) ;

- Le terrain F3 est constitué par les formes d'érosion concentrée sur les versants et regroupe les ravines, les bad lands, les glissements et les grands mouvements de masses; la forme F3 réunit donc les terrains en pente soumis à des processus actifs gros exportateurs de matière; elle représente pratiquement partout le 1/5 de la surface du bassin-versant ;

- Enfin la forme F4 est représentée par les portions de terrain intéressés par l'action de sapement des oueds ; c'est une surface minime (1 %), mais qui peut intéresser des volumes de matériaux parfois immenses lorsque le sapement destabilise par la base tout un pan de versant, surtout si la lithologie s'y prête volontiers.

Les surfaces occupées par les différents types de processus varient dans une certaine proportion d'un bassin-versant à l'autre ; les zones de ravinement ou de glissement intense occupent entre 11 et 20% de la surface; les sapements de berge sont très limités dans l'espace puisque de composante linéaire, mais le volume intéressé peut être très important ; finalement les versants occupés par l'érosion aréolaire sont tout à fait majoritaires (autour de 80% de la surface). Cette règle n'est pourtant valable que pour les zones de montagnes ou de hautes collines en matériel assez tendre et ne se justifie pas nécessairement pour les autres milieux. Dans les bas plateaux, les faibles pentes et la couverture pédologique épaisse et perméable réduisent fortement l'espace en ravinement. Dans les régions steppiques, les entailles varient en densité et en importance selon la lithologie et la tendance tectonique récente; ainsi elles atteignent un taux de superficie remarquablement élevé dans la Moulouya, aux abords de l'oued, dans les milieux non subsidents.

Mais les entailles varient par ailleurs sur le plan du fonctionnement ; et c'est pourquoi les superficies occupées par les différents processus ne peuvent avoir réellement de signification que si l'on se réfère à des mécanismes d'évolution comparables. Une ravine du Haut Atlas, à fonctionnement pluvio-nival doublé des effets d'ébouilisation

liés à la pente, n'a rien à voir avec une ravine en matériel schisto-argileux du Rif, dans un cadre climatique de pluies persistantes, ou avec une entaille non ou rarement fonctionnelle de pays subaride.

Mais la constance des superficies par type de grande forme ou groupe de processus a néanmoins une certaine signification. Le problème est de déterminer si cet équilibre est durable, ou si au contraire, l'érosion accélérée tend à s'amplifier, comme semble l'indiquer le modèle véhiculé, décrivant l'érosion méditerranéenne comme obéissant à un rythme d'évolution rapide.

## *2-2 Evolution actuelle et récente des formes*

Dans le but dévaluer l'évolution actuelle et récente des formes et si possible de la quantifier, une analyse comparative a été menée sur des missions de photographies aériennes prises à des dates suffisamment éloignées (1962 ou 66 et 1986). Cette comparaison a visé deux objectifs :

- Délimiter les fluctuations du couvert végétal dans ses rapports avec les formes d'érosion afin de préciser l'impact anthropique sur les processus d'érosion ;

- Mesurer les formes existantes et repérer l'apparition de formes nouvelles pour estimer le rythme de leur évolution.

Cette analyse a été menée sur une quarantaine d'échantillons sélectionnés dans trois bassins-versants, le Loukkos, le Sra et le Leben. Les résultats peuvent être résumés ainsi :

### *a- Le couvert végétal*

Le matorral rifain connaît des fluctuations permanentes dans son extension et dans sa physionomie, sans doute sous l'effet du défrichement et du prélèvement par les populations. Ces fluctuations sont aussi bien progressives que régressives et montrent bien qu'elles sont dictées par des considérations locales et qu'elles n'ont pas de signification générale.

Le processus habituellement décrit est le suivant : Du matorral dense défriché est remplacé par des cultures jusqu'à épuisement du sol ; la terre abandonnée est colonisée par du matorral clair ; celui-ci peut à nouveau devenir du matorral dense s'il est mis en défense.

Mais cette évolution théorique ne va pas toujours dans le même sens, puisque parfois l'érosion intervient et décape le terrain, empêchant ainsi la reconstitution du matorral. Ce

décapage peut intervenir soit sur la terre cultivée, soit sur le terrain portant du matorral clair. Cette observation contredit néanmoins les mesures sur parcelles puisque celles-ci différencient terrains labourés et terrains non labourés et ne font par contre pas de grosses différenciations dans le couvert de matorral en fonction de sa densité. Cela signifie que le matorral clair constitue une bonne protection dans les années normales, mais qu'il devient inefficace face aux événements exceptionnels responsables du décapage. C'est ainsi que certains terroirs défrichés peuvent être conquis par le matorral clair puis dense après leur abandon; alors que d'autres, localisés dans des endroits défavorables, ne résistent pas aux grosses pluies, soit alors qu'ils sont encore cultivés, soit après leur abandon et alors qu'ils sont déjà colonisés par du matorral clair.

#### *b- Le défrichement et l'apparition de formes d'érosion concentrée*

L'analyse de nombreux échantillons dans le Sra et le Leben permet d'affirmer que le défrichement de terrains encore couverts en 1962 n'a pas causé la constitution de grandes formes d'érosion concentrée. Toutes les grandes ravines observées en 1986, tous les espaces en bad-land, existaient déjà en 1962, à l'exception de quelques terrains en forte pente dominant directement le réseau hydrographique et dont l'évolution a été initiée par des phénomènes de déstabilisation à la base.

On peut en tirer la conclusion que le rythme d'apparition de ces grands processus d'érosion est plus lent que l'intervalle séparant les deux missions de photographies aériennes.

Par contre la mise en défense, le reboisement et parfois la mise en culture de terrains dénudés, auparavant érodés, permet d'obtenir une évolution progressive, menant vers la stabilisation de la forme d'érosion concentrée. C'est ainsi que de nombreux cas de versants dénudés en 1962, ont été recolonisés par le couvert végétal clair; il s'agit vraisemblablement de terrains cultivés puis abandonnés. La recolonisation végétale permet la stabilisation des formes ravinantes.

#### *c- Rythme d'évolution des formes d'érosion*

Les formes observées en 1962 ont toutes évolué, mais à des rythmes divers. A part les cas de stabilisation des formes, on remarque que souvent l'évolution a été négative et a consisté dans l'augmentation de la taille des ravines par élargissement et allongement de leur cours (de quelques dm à quelques mètres par an).



Mais l'évolution la plus notable concerne l'érosion hydrographique des cours d'eau, avec des formes de sapement actif des berges, des recoupements de méandres. Il faut néanmoins se demander si l'évolution constatée aboutit à une exportation massive et lointaine de matériaux. En effet, alors qu'on remarque une évolution rapide par recul des rives concaves, on assiste en même temps à une progression des rives convexes, significative d'une simple redistribution locale du matériel arraché. En même temps, il faut remarquer la tendance générale à la régularisation du tracé des cours d'eau, par abandon des méandres accentués.

### CONCLUSION

On peut dire que - malgré les déficiences dans la connaissance des processus - les recherches entreprises ont montré le caractère très variable de l'érosion méditerranéenne, sur les deux plans temporel et spatial. L'essentiel des ablations est sans doute opéré sur moins d'1/5 de l'espace par les cours d'eau, les ravines, les mouvements de masse. La part la plus importante est sans doute érodée lors d'événements exceptionnels, caractérisés soit par l'intensité des précipitations, soit par leur continuité. Mais l'impact de l'homme n'est pas facile à appréhender; il est clair que cet impact peut être cerné en ce qui concerne l'érosion au champ; mais l'analyse de l'impact plus global, agissant à l'échelle de tout un bassin-versant exige des recherches plus poussées sur la dynamique de l'eau et des matériaux transportés sur les versants, dans les entailles et les chenaux des oueds. Seules ces études dynamiques peuvent réellement orienter l'aménagement dans une bonne direction et éviter les déperditions d'énergie.

**BIBLIOGRAPHIE**

- Arabi M. et Roose E. (1989) : Influence du système de production et du sol sur l'érosion ; Ruissellement en nappe en milieu méditerranéen montagnard. Bulletin du réseau Erosion, Montpellier.
- Clauzon G. et Vagdur J. (1969) : Dynamique récente d'un versant en Basse Provence. Méditerranée, 47.
- Dufaure J.J. et al. (1984) : La mobilité des paysages méditerranéens, Hommage à P. Birot. Rev. Géogr. Pyr. et S.O., Travaux II.
- Flower R.J., Dearing J.A. et Nauras R. (1984) : Sédiment supply and accumulation in a small Moroccan lake ; an historical perspective. Hydrobiologica 112, 8192, The Hague.
- Kalman R. (1976) : Etude expérimentale de l'érosion par griffes. Rev. Géogr. Phyr. et Géolog. Dyn., vol 13,5.
- Lilin C. (1986) : Histoire de la restauration des terrains en montagne en 19e siècle. Cah. ORSTOM, sér. Pédologie, vol XXII, n°2.
- Neboit R. (1979) : Les facteurs naturels et les facteurs humains de la morphogenèse. An. Géogr., n°490.
- Pascon P. et Wusten H.v.d. (1983) : Les Beni Bou Frah, essai d'écologie sociale d'une vallée rifaine. Rabat.

**RESEAU  
EROSION**



**Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION**

**Pour citer cet article / How to cite this article**

Laouina, A.; Chaker, M.; Naciri, R.; Nafaa, R. - L'érosion anthropique en pays méditerranéen : le cas du Maroc septentrional, pp. 248-265, Bulletin du RESEAU EROSION n° 13, 1993.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : [beep@ird.fr](mailto:beep@ird.fr)