

LES TERRES DE PARCOURS FORESTIERS ET STEPPIQUES AU MAROC

PROCESSUS DE DEGRADATION ET IMPACT SUR LE RUISSELLEMENT ET L'EROSION

Le milieu marocain se caractérise par la grande diversité des écosystèmes, des situations hydrodynamiques, des enchaînements de processus, des situations sociales et des systèmes de production. La problématique de la dégradation et de la conservation des terres y est importante puisque la menace est réelle et parce qu'on constate une recrudescence des phénomènes.

De climat méditerranéen, le Maroc se distingue par une aridité croissante du Nord au Sud et de l'Ouest à l'Est, les montagnes mises à part. 39 millions d'hectares supportent des activités agro-sylvo-pastorales, soit 55% du territoire national. Sur le plan de la répartition climatique, 78% du territoire sont localisés en zone aride et saharienne et 15% en zone semi-aride. Globalement, les sols sont pauvres en matière organique et de structure instable.

Près de la moitié de la superficie du pays est désertique. L'autre moitié comprend 9,2 millions ha de terres cultivables¹, près de 6 millions ha de forêts², 3 millions ha de nappes alfatières et 21 millions de terrains de parcours permanents. La superficie agricole a connu une extension réelle puisqu'elle n'était que de 7,8 millions d'ha en 1980. Cette extension s'est faite aux dépens des terres de parcours et des terres mortes, ainsi que sur les limites de forêts ayant subi des défrichements. Les parcours ont reculé de 23 Mha en 1977 à 21Mha aujourd'hui. Il y a donc parallélisme entre recul des parcours et extension des surfaces cultivées. C'est là une des principales causes de la dégradation des terres. Rapportée au nombre d'habitants, le SAU a tendance à baisser puisque le croît démographique est plus rapide que l'extension des terres cultivables. Grâce à des aménagements fonciers, il est encore possible de récupérer des terres, mais ce choix doit être fait avec la plus grande prudence, car le défrichement de la forêt ou des parcours peut être suivi d'une rapide dégradation du terrain³.

Les conditions physiques permettent de délimiter deux types de domaines, un premier où les conditions sont favorables et un second où le milieu est globalement difficile, mais capable de fournir d'intéressantes productions et d'offrir un cadre de vie favorable à la condition d'observer un certain nombre de précautions en vue d'une utilisation rationnelle des ressources.

	Million hectares	%
SAU, dont :	9,2	13
Bour favorable	2,5	27
Bour défavorable	5,1	55,5
Terres irriguées	1,6	17,5
Forêts	8,8	12,3
Parcours	21	30
Terres Incultes	32,1	45
Total	71,1	100%

Tableau 1 - Distribution des terres au Maroc

¹ La SAU est concentrée dans les régions atlantiques et méditerranéennes semi-arides (77 % de la SAU nationale).

² Les statistiques regroupent le forêt, l'alfa et les arbres sahariens dispersés dans la même rubrique, pour des raisons juridiques (statut domanial des terres). En fait, les 3 millions d'ha d'alfa, le million d'ha d'acacias sahariens et même le million d'hectares d'arganiers devraient être comptabilisés dans les steppes, vu la grande dispersion du recouvrement végétal. Et même dans beaucoup d'espaces forestiers restants, la densité de boisement et la hauteur des arbres relèvent plus du matorral que de la forêt véritable.

³ D'ailleurs dans les statistiques disponibles, les terrains perdus par ablation du sol, ne sont pas défalqués de la SAU, alors qu'ils se transforment en incultes.

LES PARCOURS AU MAROC, EXTENSION ET PROCESSUS DE DEGRADATION

L'élevage représente une part importante du PIB agricole (26 à 32% selon les années) et 20% des emplois agricoles ; il se place au deuxième rang de la valeur ajoutée agricole après la céréaliculture. Sa croissance sur les 15 dernières années équivaut à 5%/an. Les effectifs animaux, de 3.3M de bovins, 17 M d'ovins et 5 M de caprins, sont variables selon les années, notamment en fonction des conditions climatiques.

Cette activité est représentée sur la quasi-totalité du territoire national. Globalement on peut dire que sur les 71 M ha du pays, 62 à 65 M ha représentent des parcours de plus ou moins grande valeur fourragère (forêts, steppes, pelouses d'altitude et terres sahariennes), mais seuls 21 Mha représentent des parcours permanents. La surface cultivée, sert en bonne partie aussi de parcours, au moins durant une partie de l'année, en plus de sa fourniture de fourrages de complémentation.

Sur les parcours pâturent essentiellement des petits ruminants selon un mode extensif traditionnel d'élevage de pays naisseur. L'élevage extensif a un avantage comparatif considérable dans les régions de steppes et de montagnes, où l'amélioration de cette activité constitue la meilleure option possible d'aménagement et de gestion des ressources.

Les parcours présentent une importante diversité biologique avec 4.000 espèces végétales inventoriées. Cette diversité floristique et le caractère saisonnier de la production végétale expliquent la complémentarité entre les différents écosystèmes pastoraux. En effet, dans le but de pallier aux effets de l'aléa climatique, les éleveurs adoptent des stratégies de gestion des troupeaux adaptées à ce phénomène. Plusieurs types de déplacements des troupeaux sont observés, des déplacements de faibles amplitudes à l'intérieur d'une même région et des déplacements plus lointains entre régions. Les fractions et les tribus ayants-droit sur les parcours collectifs régulent les déplacements et l'accès aux ressources pastorales.

Mais le recul de ce système d'exploitation est important et le nomadisme vrai a pratiquement disparu. La sédentarisation amène bien sûr une diversification des activités et une amélioration du niveau de vie, mais souvent elle peut accentuer la dégradation de certains parcours surpâturés ; en fait c'est la limitation des rotations qui est responsable du prélèvement excessif des espèces végétales intéressantes au profit d'espèces non appréciées. Par ailleurs le piétinement continu accentue la dégradation du sol. La mise en culture de parcelles au sol fragile intervient enfin pour accélérer le processus de dégradation qui peut mener à de véritables aspects de désertification. En effet, la régression de la surface des parcours (0.6 à 1%/an en moyenne sur les trente dernières années), par mise en culture de lots autrefois dévolus au pacage, augmente la charge animale sur le reste du pâturage. L'extension de la SAU est surtout importante les bonnes années pluvieuses. Par la suite, une suite d'années sèches amène l'abandon des terroirs cultivés. Le nombre d'animaux ne connaît pas une évolution tendancielle unique, mais au contraire des variations en fonction des conditions climatiques elles-mêmes variables sur les deux plans temporel et spatial. Une suite de bonnes années permet un gonflement des troupeaux, ce qui accentue la pression. Celle-ci sera encore plus grave s'il survient une année sèche, avec moins de rendement fourrager. La chute du nombre de bêtes n'interviendra, pour alléger la pression, qu'après une succession d'années déficitaires. Cette chute du troupeau aura des conséquences économiques graves sur la population concernée qui n'aura pas les moyens de reconstituer son potentiel animal dès la reprise des conditions climatiques favorables, puisqu'il faudra attendre que se reconstituent des possibilités suffisantes sur le plan de la trésorerie familiale.

L'extension et la diversité des parcours

L'essentiel des parcours s'étend dans la zone aride et semi-aride et dans les montagnes, ainsi que dans le Plateau central et ses bordures.

	Superf totale	% forêt	Superficie forestière	% steppes	Superf. steppes	% Pelouse montagne	Superf. pelouse
Steppes et terres sahariennes	49000	0		100	49000		
Steppes présahariennes	5700	1	57	99	5643		
Steppes Oriental	5000	6	300	94	4700		
Steppes plaines Nord Atlas	1300	22	286	78	1014		
Arganeraie	1500	47	705	53	795		
Moyen Atlas	1200	82	984	14	216	4	48
Haut Atlas	2200	92	2024	4	176	4	88
Rif	900	100	900	0	0		
Plateau Central	800	100	800	0	0		
Littoral atlantique central	80	0	0	100	80		
Total	65390	9,6	6209	90,2	58471	0,2	136

Tableau 2 - Superficie des parcours par région (en 1000 ha et %)

La définition des types d'espaces est pourtant floue d'une publication ou d'une source à l'autre, les zones désertiques improductives étant parfois prises en considération. Les parcours forestiers posent un autre type de problèmes puisque toutes les forêts sont utilisées comme parcours, même si le rendement fourrager varie fortement d'une formation à l'autre. Il n'y a par exemple aucune comparaison possible entre la productivité d'une formation de chêne vert et celle d'un reboisement à essence unique (eucalyptus ou pin), elle-même non pâturée et en plus responsable de la disparition d'essences secondaires, habituellement enrichissantes. Par ailleurs, certains espaces steppiques, comme l'alfa, sont compris dans la définition de forêts qui se base sur le statut juridique (terres domaniales).

Type	Définition climatique	Surface ha	% surface	Production Uf/ha des parcours forêt	Production Uf/ha Hors Forêt
Haute Montagne		607900	0,93%		
Étage Humide	>800 mm	327600	5,75%	375	300
Subhumide	600-800	2237150	3,15%	325	275
Semi-aride	400-600	3734560	5,71%	200-225	225
Aride	100-400	8581100	13,12%	75-125	150
Désertique	<100 mm	49902150	76,31%		20

Tableau 3 - Extension des parcours par étage climatique et production fourragère (en Uf)

La productivité des parcours varie selon la position climatique et la nature du couvert. Le parcours forestier varie de 375 UF/ha en zone humide à 75 UF/ha en zone aride. Le parcours steppique a une productivité équivalente à la forêt en zone semi-aride, mais plus forte en zone aride, là où les boisements sont réduits à leur plus simple expression.

La production fourragère nationale est de 3000 à 5000 MUf/an, variable selon la pluviométrie ; les contributions à la production fourragère sont les suivantes :

- la forêt (alfa non comprise) qui couvre 5.5Mha produits 1 à 1.3 milliards d'UF effectifs, alors que son potentiel de production est de 1.5 milliards, soit 11% des apports globaux et 30% des apports naturels des parcours ;
- l'alfa couvre 3 Mha et produit 286 M d'UF ; elle couvre notamment le Maroc oriental ;

- les parcours steppiques permanents et productifs s'étendent sur 21 à 22 Mha notamment dans les plateaux du Maroc atlantique, les montagnes sèches, le Présahara et le Sahara, ce qui représente 32% de la surface du pays ; ils produisent environ 3 milliards d'UF, soit 25% du bilan global. En réalité il faut distinguer à côté des parcours permanents productifs, des parcours plus pauvres, visités occasionnellement par les troupeaux, mais que la mise en culture des parcours riches tend à remettre en lieu et place de ceux-ci, comme complément nécessaire.

Mais il ne faut pas oublier la contribution des terres agricoles. Les céréales (orge, maïs), les cultures fourragères, les résidus de cultures (paille, chaumes), les sous-produits de l'agro-industrie, et les jachères apportent globalement plus de la moitié de la production d'UF. Il est d'ailleurs enregistré que la part des céréales et cultures fourragères va en s'amplifiant alors que la contribution des parcours a tendance à baisser.

La distribution régionale est différenciée. Les apports forestiers dépendent de l'extension des formations les plus productives sur le plan pastoral : Vient en tête la région atlantique où l'arganier, le thuya et le chêne vert jouent un rôle fondamental, puis le Moyen Atlas avec les parcours de chêne vert et de cèdre, puis le Haut Atlas central avec le chêne vert, le thuya et le matorral et enfin le Plateau central couvert d'un matorral à base de thuya, de genévriers et d'oléastre. Les apports alfatiers concernent avant tout la région orientale. Malgré la forte extension des parcours non forestiers dans les régions méridionales, c'est dans les steppes de l'Oriental, de l'Atlas, de la Meseta et dans les marges Nord du Présahara que la production est la plus forte. La contribution agricole à l'alimentation du bétail est par contre dépendante de la production agricole et notamment de l'importance des chaumes, des pailles et des jachères.

La dégradation des terres de parcours

En terme de surface, les parcours ont reculé de 0.6 à 1% par an, parallèlement à l'extension des zones cultivées ou des surfaces dégradées ou désertifiées⁴. Mais la productivité théorique totale de ces parcours a montré une relative, mais étonnante stabilité sur les dix dernières années, puisque leur contribution a changé uniquement en fonction des conditions climatiques, sans que se dégage une réelle tendance. Cela signifie qu'en dépit du recul dû à la mise en culture et de la dégradation par surpâturage, l'effet de seuil n'est pas encore atteint. Une menace plane sur la productivité pastorale, sans que cette menace s'exprime encore sur le plan de la production.

Cette dégradation est de plusieurs ordres :

- l'irrégularité des pluies est la première cause. Les indices de variation pour les plantes annuelles, d'une bonne à une mauvaise année peuvent correspondre à un facteur 15, alors que pour les pérennes, ce facteur est de 5 seulement. Le pourcentage d'années sèches s'est accru dans les deux dernières décennies, ce qui augmente la fragilité des écosystèmes. Les pluies torrentielles sont aussi en cause, car elles occasionnent des dégâts hydriques importants. Ces menaces d'ordre climatique sont globalement moins meurtrières pour le bétail depuis que les appoints fourragers permettent d'atténuer l'impact de la sécheresse et de l'enneigement ;
- la mauvaise gestion des parcours représente la menace la plus grave. L'abandon des rotations est une cause majeure. La modernisation et l'utilisation de gros moyens financiers ne sont pas exemptes de dangers. Par exemple le camion, en transportant rapidement les troupeaux vers les zones récemment arrosées peut avoir un impact négatif, puisque cette arrivée précoce empêche la régénération du parcours. La mise en culture concentre les troupeaux sur des surfaces de plus en plus réduites.
- la mauvaise distribution des points d'eau explique une dégradation plus avancée autour de ces derniers.

Le cas du surpâturage en forêt : Le parcours a une influence très marquée sur les peuplements forestiers. A cause des traditions, le troupeau reste trop important sur le plan quantitatif et dégrade à la fois les arbres, les herbes et les sols.

La totalité de la surface forestière est utilisée comme parcours par les populations riveraines ou par les transhumants habituels et même dans certains cas, en dépit de la loi, par des populations étrangères au massif forestier. Globalement la production pastorale des formations forestières en année normale est d'environ 1 à 1.5

⁴ En fait, la surface des parcours permanents s'est étendue par occupation plus régulière de parcours dégradés autrefois occasionnellement visités ; cette extension est loin de constituer une conquête positive ; la surface s'est par contre rétrécie au bénéfice de la SAU, par défrichement et mise en culture ; là aussi on peut souvent parler de dégradation.

milliards d'UF. Ce chiffre représente presque le 1/3 de l'apport fourrager pastoral. Mais la contribution de la forêt varie beaucoup d'une région à l'autre et d'une formation végétale à l'autre. Le chêne vert, l'arganier, le chêne liège et l'alfa sont les formations du domaine forestier dont la contribution est la plus forte.

Le cheptel utilisant les forêts comme parcours s'élève à plus de 10 M de têtes (5.320.000 ovins, 4.059.000 caprins et 732.000 bovins), soit 45% du cheptel national. Les besoins de ce cheptel en UF s'élèvent à environ 3.4 milliards d'UF, dont 1.5 milliards sont fournis par la forêt elle-même et le reste en partie par les herbacées et les résidus de cultures des terrains péri-forestiers. En l'absence d'une complémentation réelle et suffisante, le pâturage en forêt aboutit nécessairement à une dégradation régulière qui se fait aux dépens du capital forestier.

Plus globalement, les parcours qu'ils soient forestiers ou steppiques, sont incapables de répondre aux besoins du cheptel en fourrage ; le déficit est plus ou moins prononcé selon les régions et plus ou moins comblé par les apports fourragers de complémentation. Dans la zone aride, la dégradation est corrélée avec une charge animale excessive qu'impose par exemple la présence d'un point d'eau ou la fourniture par l'Etat de subventions fourragères, incitant ainsi les éleveurs à garder leur troupeau. Dans les secteurs moins arides, c'est la pression humaine qui devient le facteur de dégradation, par effet de restriction de superficies (mise en culture des meilleures terres) et par excès de prélèvement de bois.

	Bovins		Ovins		Caprins		Besoins totaux	Production UF	Bilan
	Nom- bre	Besoins 1000UF	Nom- bre	Besoins 1000 UF	Nom- bre	Besoins 1000 UF	1000 UF	1000 UF	1000 UF
Azilal	66600	79920	497800	149340	503800	125950	355210	238343	-116867
Beni Mellal	99600	119520	510500	153150	59800	14950	287620	159498	-128122
Ben Slimane	52700	63240	153300	45990	9400	2350	111580	95000	-16580
Casablanca	61400	73680	119300	35790	400	100	109570		-109570
El Jadida	270800	324960	396300	118890	1200	300	444150	249633	-194517
Khouribga	60800	72960	553800	166140	55800	13950	253050	120488	-132562
Settat	175500	210600	909100	272730	55300	13825	497155	56875	-440280
Al Hoceima	38100	45720	55800	16740	94700	23675	86135	70000	-16135
Boulmane	10900	13080	425600	127680	93400	23350	164110	152864	-11246
Fès	62700	75240	206800	62040	101900	25475	162755	140000	-22755
Taounate	158300	189960	209500	62850	47000	11750	264560	220000	-44560
Taza	101000	121200	495600	148680	319800	79950	349830	83276	-266554
Errachidia	32700	39240	272200	81660	313600	78400	199300	77071	-122229
Khenifra	49700	59640	433300	129990	113200	28300	217930	378579	160649
Meknès	124900	149880	836500	250950	39600	9900	410730	320000	-90730
Chefchaouen	89800	107760	63900	19170	187700	46925	173855	97874	-75981
Kénitra- Sidikacem	503500	604200	114030 0	342090	35100	8775	955065	270994	-684071
Khemisset	190600	228720	567900	170370	120300	30075	429165	253137	-176028
Rabat	28200	33840	38100	11430	1500	375	45645	41376	-4269
Tanger	81500	97800	148200	44460	62800	15700	157960	28807	-129153
Tétouan- Larache	164800	197760	257300	77190	177400	44350	319300	150480	-168820
Figuig	10900	13080	478700	143610	179200	44800	201490	248645	47155
Nador	43400	52080	484500	145350	65300	16325	213755	125000	-88755
Oujda	53400	64080	588500	176550	160400	40100	280730	136508	-144222
Agadir- Taroudant	142100	170520	520600	156180	677000	169250	495950	281569	-214381
Guelmim	2900	3480	23000	6900	26200	6550	16930	16930	0
Ouarzazat	83600	100320	672400	201720	474900	118725	420765	97543	-323222
Tata	7400	8880	48800	14640	74700	18675	42195	17091	-25104

Tiznit	59600	71520	285700	85710	318500	79625	236855	73012	-163843
El Kelaa	107400	128880	656800	197040	78800	19700	345620	546709	201089
Essaouira	57800	69360	285500	85650	320600	80150	235160	206227	-28933
Marrakech	193400	232080	836400	250920	444800	111200	594200	311124	-283076
Safi	138200	165840	589100	176730	67200	16800	359370	290044	-69326
Total	3324200	3989040	13761100	4128330	5281300	1320325	9437695	5554697	-3882998

Tableau 4 – Besoins en UF du cheptel marocain, production d'UF et bilan (par province)

L'état de dégradation des parcours

Il est prouvé que la tendance générale est au recul de la végétation, avec quelques cas particuliers de dynamique positive, mais aussi des fluctuations propres à chaque région, relevant aussi bien de considérations d'ordre bioclimatique que de transformations sociales.

La dégradation du couvert végétal consiste dans les évolutions suivantes :

- d'une part on a une rapide dégradation physiologique des formations végétales en liaison avec la surexploitation par coupes excessives de bois d'œuvre mais surtout d'énergie et par surpâturage ; au Maroc, le prélèvement de bois de feu est estimé à 3 fois la productivité des formations en moyenne ; des forêts denses se transforment en boisements clairs, de plus en plus troués et peuvent même prendre des allures de steppe ;
- d'autre part, un recul effectif des forêts, grâce à l'empiétement de terrains de culture sur leur domaine originel ; ainsi, les forêts ne représentent plus aujourd'hui que les 2/3 de leur extension initiale il y a un siècle (Plit, 1983). Le besoin en terre explique la tendance à la conquête des versants même raides ; ces conquêtes ne sont pas toujours soucieuses de la conservation des sols. L'apport organique du couvert végétal (3 à 10 t/ha/an de matière organique) est irremplaçable. Le défrichement cause une chute rapide de cet apport. En dessous de 1 à 1.5% de MO, la porosité se tasse et avec elle la capacité de stockage d'eau.

Une dynamique régressive s'illustre par la rareté des espèces appréciées, la réduction de phytomasse par rapport au potentiel, une extrême sensibilité des herbacées à la variabilité du climat et enfin par une très faible capacité de reconstitution végétale, suite à une simple mise en défens. Les écosystèmes deviennent inertes et comportent alors quelques plantes toxiques.

Sur le plan dynamique, les combinaisons sont multiples selon les terroirs et en fonction de la dynamique agraire. Les travaux (Pascon et al., 1983) ont montré une corrélation étroite entre l'extension des surfaces érodées par ruissellement en nappe et l'ancienneté de l'occupation d'un terroir (en se basant sur la date approximative de fondation d'un douar) ; la troncature des sols semble donc ancienne. Par contre, il n'y a aucune corrélation entre l'intensité d'utilisation d'un terroir et la densité ou la profondeur des ravins qui l'incisent. La localisation de ceux-ci, leur forme, leur taille sont plus en relation avec des considérations de contexte géomorphologique, d'épaisseur et de nature des formations superficielles, de longueur de pente. La succession d'événements climatiques est aussi une explication possible dans certains cas.

Sur 32 millions d'ha de parcours permanents que compte le pays (forêts comprises), seuls 4 millions d'ha sont faiblement dégradés et produisent en moyenne 90 UF/ha et par an. Pour les parcours moyennement dégradés, la réduction de rendement occasionnée est d'environ 25% et leur productivité est estimée à 68 UF/ha/an en moyenne. 8 Millions d'ha sont enfin fortement dégradés ; leur productivité, réduite de 45%, équivaut à 50 UF/ha/an.

Région	Surface parcours Mha							Charge PR
		fD Mha	%	MD Mha	%	FD Mha	%	
Oriental	5,25	0,696	13,26	0,245	4,67	1,916	36,50	1,6
Moyen Atlas	1,21	0	0,00	0,99	81,82	0,223	18,43	0,4
Haut Atlas	2,26	0,179	7,92	2,028	89,73	0,062	2,74	1,6
Rif	0,91	0	0,00	0,583	64,07	0,333	36,59	0,5

Meseta nord	0,81	0	0,00	0,81	100,00	0	0,00	
Meseta sud	1,27	0	0,00	0	0,00	1,27	100,00	0,4
Littoral atl. central	0,08	0	0,00	0,08	100,00	0	0,00	0,05
Arganeraie	1,46	0	0,00	0,561	38,42	0,798	54,66	
Présahara	5,66	0	0,00	2,606	46,04	3,714	65,62	1,8
Sahara	46,55	3,407	7,32	43,145	92,69	0	0,00	
Maroc	65,46	4,282	6,54	51,048	77,98	8,316	12,70	

FD : faiblement dégradé ; MD : moyennement ; FD : fortement ; PR : petits ruminants

Tableau 5 - Etat de dégradation des parcours

Dégradation des terres de parcours dans les bassins-versants (à l'amont des barrages⁵)

Pour le ruissellement et l'érosion hydrique, l'essentiel des évolutions est enregistré dans les parties amont des bassins-versants. Cette analyse est menée à l'échelle des bassins-versants, dans le but de rechercher des relations entre l'intensité de cette dégradation et les processus hydriques.

Dégradation liée au surprélèvement de bois et au défrichement

Cette analyse se base sur deux composantes, responsables du recul du couvert végétal naturel :

- le prélèvement de bois de combustion et l'estimation du déficit qui permet de calculer une surface dégradée équivalente ;
- le défrichement réel de terres, pour l'installation de cultures.

Il y a évidemment une étroite corrélation entre ces chiffres de dégradation et la densité de population.

⁵ Parties des bassins-versants localisées en amont des sites de barrages.

BV	Barrage	Superficie km ²	Forêt ha	Déficit en bois combustible m3	Superficie défrichée équivalente	Défrichage et mise en culture /an	Total dégradé
Loukkos	El Makhazine	1820	74531	125900	420	872	1292
Mharhar	Batouta	180	5724	29637	98	53	151
Martil	Nakhla	110	9584	15309	51		51
Nekkor	El Khattabi	790	61016	83687	279	732	1011
Moulouya	Mohamed V	49920	627000	-83367		188	188
Sebou	Allal Fassi	5765					
Ouerrha	El Ouahda	6153					
Inaouène	Idriss I	3680	134912	71837	239	142	381
Beht	El kansera	4540	53395	27790	93		93
Bou Regreg	Ben Abdellah	9800	260572	11683	39	26	65
Oued el Abid	Bin el Ouidane	6400	110632	40133	134	166	300
Tessaout	My Youssef	1440	32600	17654	59	49	108
Lakhdar	Hassan I	3680	113886	13782	46	171	217
OR Moy	Al Massira	28500	39402			12	12
Nfis	Takarkoust	1710	124000	29253	98	74	172
Issen	Abdelmoumen	1300	47283	14641	49	5	54
Massa	Ben Tachfin	3780	31556	270759	903		903
Draa	Mans. Dahbi	15000	37000				
Ziz	Hassan Dakhil	4400					
Total		148968	1763093				
% total pays		21%	34%				

Source : PNABV, Eaux et Forêts

Tableau 6 - Dégradation des forêts en amont des bassins versants

Impact de l'élevage dans la dégradation des terres des bassins-versants

Les besoins du cheptel pâturant dans les bassins-versants amont s'élèvent à plus de 2181 M d'UF (*Ouerrha et Sebou amont non compris car non évalués dans le cadre du PNABV*). L'effet de la dégradation des parcours est réel, là où la complémentation ne peut être assurée.

BV	Superficie km ²	Surf parcours ha	Total UGB	Besoins fourragers en 1000 UF	Production fourragère des parcours en 1000UF	UF des cultures en 1000UF	Total	Production/ besoins
Loukkos	1820	118300	101318	121581	20703	55797	76500	63%
Mharhar	180	17800	2696	3235	1558	10581	12139	375%
Martil	110	7566	2763	3316	1615	2177	3792	114%
Nekkor	790	19500	9711	11653	1024	8259	9283	80%
Moulouya	49920	3269912	418658	502389	185404	73758	259162	52%
Sebou	5765							
Ouerrha	6153							
Inaouène	3680	136434	154281	185138	17429	73794	91223	49%
Beht	4540	112432	193055	231666	9202	30807	40009	17%
Bou Regreg	9800	425859	270861	325033	52168	86260	138428	43%

Oued el Abid	6400	137809	54804	65764	12058	6965	19023	29%
Tessaout	1440	42600	56931	68317	3728	12960	16688	24%
Lakhdar	3680	121782	42961	51553	10656	16440	27096	53%
Oum Rbia Moy	28500	179509	171008	205210	24189	188743	212932	104%
Nfis	1710	138013	95814	114977	14153	38826	52979	46%
Issen	1300	120066	15455	18546	12607	20514	33121	179%
Massa	3780	225390	78436	94123	24613	32894	57507	61%
Draa	15000	1375240	99324	119188	144400	35547	179947	151%
Ziz	4400	440000	49668	59602	24948	10427	35375	59%
Total	137050	6888212	1817744	2181291	560455	704746	1265201	58%

Source : PNABV, Eaux et Forêts

Tableau 7 - Les besoins fourragers du bétail, la production fourragère et l'effet sur l'équilibre des bassins-versants

La dégradation des parcours, forestiers et steppiques a sans doute un impact important sur le bilan d'eau, l'infiltration et le ruissellement ; par ailleurs le piétinement agit vraisemblablement en effritant le sol et en facilitant le transport. Des corrélations étroites entre les deux phénomènes sont pourtant loin encore d'être prouvées au Maroc et nécessitent de nombreuses recherches de terrain.

RUISSÈLEMENT ET ÉROSION HYDRIQUE DES SOLS

Le relief des montagnes marocaines est propice à la dégradation des terres et à l'érosion hydrique ; il s'agit de massifs aux flancs raides, propices au développement des processus en liaison avec la gravité. Mais curieusement, le ruissellement est surtout actif sur les parties moyennes et inférieures des massifs et sur les piémonts.

La lithologie est très différenciée. Le Rif et son avant-pays sont formés essentiellement de roches érodables ; le transport de matériel est massif et fournit une contribution forte à l'envasement. L'Atlas, la Meseta et le Sahara offrent l'avantage aux roches dures. Le transport est alors faible et sélectif. Dans ces milieux peu érodés, le sol peu épais reste néanmoins fortement menacé à cause du faible recouvrement végétal. Dans les piémonts, les encroûtements calcaires protègent les dépôts mobilisables ; mais le ravinement et l'encaissement des oueds révèlent ces matériaux, ce qui exacerbe l'érosion localisée sur les entailles.

Sous forêt, les sols marocains sont assez résistants, souvent bien structurés, car riches en calcaire ou en fer libre. Mais, sans apport organique durable, ces sols se déstructurent et se tassent ; la croûte de battance permet alors le fonctionnement d'un ruissellement abondant. Le couvert steppique joue aussi un rôle important de protection des sols ; la désertification n'opère que suite à la dégradation avancée de ce couvert.

Le climat marocain est globalement assez peu agressif, comparé à celui des régions tropicales ou tempérées continentales, mis à part certains orages de fin de saison sèche en montagne. L'intensité maximale en 30 mn, période de retour 10 ans, ne dépasse pas 1mm/mn. Par contre les longues pluies hivernales saturer le sol et provoquent des débits de pointe et des transports massifs.

La zone océanique subhumide et semi-aride est caractérisée par des phases de pluies continues lors des passages de perturbations d'W en hiver et par une sécheresse totale de l'été. Le ruissellement est plus particulièrement consécutif à la saturation. Dans ce cas, la dégradation est due à l'énergie des eaux ruisselantes qu'il s'agit de gérer correctement, en retardant le ruissellement et en dispersant l'énergie.

Les zones steppiques et montagneuses connaissent par contre des épisodes de pluies intenses et très concentrées qui peuvent se produire en plein été. Le ruissellement est un phénomène d'intensité. Des événements de 50 mm à intensité moyenne peuvent ne rien déclencher, alors que de plus faibles hauteurs intenses créent des transformations majeures. Le ruissellement de surface prend la forme d'une nappe de quelques centimètres dans les piémonts arides, de chenaux irréguliers sur les pentes ou enfin de griffes et rigoles.

La pluviométrie détermine globalement la lame d'eau ruisselée qui varie au Maroc de 0 à > de 500 mm/an. La combinaison du facteur lithologique et de la lame d'eau ruisselée permet de dresser une carte de fragilité des terres.

	Superficie bassin versant en km ²	En mm		En Milliards de m3		
		Pm	Pd sèche	Pm	Pd sèche	Écoulement superficiel moyen
Rif (2 façades)	20600	680	450	14,008	9,270	4,119
Moulouya	57500	245	120	14,088	6,900	1,656
Sebou	40000	750	475	30,000	19,000	5,600
Bou Regreg	20000	500	335	10,000	6,700	0,830
Oum Rbia	35000	515	330	18,025	11,550	3,680
Tensift	37500	330	200	12,375	7,500	1,110
Sous-Massa	35400	240	140	8,496	4,956	0,701
Sud-atlas	164190	170	75	27,912	12,314	1,300
Sahara	300660	50	22	15,033	6,615	0,030
Maroc	710850	211	115	149,989	81,748	19,026

Pm Précipitations annuelles moyennes, Pd Précipitations annuelles décennales sèches

Tableau 8 – Pluie moyenne et d'année sèche en mm par bassin-versant, apport pluvial et écoulement

L'hydrologie du Maroc est caractérisée par un réseau organisé, rayonnant à partir d'un château d'eau central, représenté par le Rif, le Haut et le Moyen Atlas. Mais les oueds marocains sont souvent courts et dépassent rarement 500 km. Les tracés sont souvent linéaires et non hiérarchisés, faits de la juxtaposition de sections à orientations contrastées. La très forte évaporation explique le déficit élevé et localement l'endoréisme qui est loin d'être négligeable et existe même à proximité du littoral. En relation avec les conditions climatiques, notamment le caractère concentré des pluies et l'importance de l'évaporation, le coefficient d'écoulement est souvent bas ; c'est pourquoi les pénuries d'eau sont régulières, même dans les régions les plus arrosées.

Il existe une large gamme de variantes en termes d'alimentation fluviale :

- des zones nivales, dont l'alimentation est abondante et régulière ; elles se situent à plus de 1900m dans le Moyen Atlas et au-delà de 2500m dans le Haut Atlas ;
- dans certaines montagnes, malgré la pente, le manteau de cailloux favorise l'infiltration des eaux et favorise la pondération des écoulements ;
- les massifs calcaires représentent les conditions les plus intéressantes pour l'alimentation fluviale régulière ; c'est le cas du Moyen Atlas.

Il est possible d'opérer la classification suivante des oueds marocains :

- des cours d'eau régulièrement abondants, mais qui baissent en plaine en été ; c'est l'exemple de l'Oum Rbia dont l'étiage est de 34 m³/s ;
- des cours d'eau au débit moyen non négligeable, mais irrégulier ; ce type de régime s'applique à la majorité des oueds du Rif et aux oueds du Maroc atlantique ;
- des cours d'eau à écoulement intermittent ; il s'agit des oueds locaux des plaines semi-arides.

Les mesures de dégradation spécifique des terres sont réalisées :

- soit par étude de la turbidité des rivières (DSL en g/l), et calcul de l'apport solide sur la base de la mesure du débit liquide (apport hydrique en m³) ;
- soit par mesure de l'envasement et estimation du coefficient d'emménagement dans la retenue.

A partir de l'estimation de la dégradation spécifique exprimée en m³/ha, une évaluation de la pellicule érodée par année est réalisée. A l'échelle des 14 M ha que comptent les bassins-versants, la pellicule érodée paraît négligeable. Mais c'est à l'échelle de certains bassins-versants où cette pellicule déblayée est très élevée que le problème se pose (Loukkos, Mharhar, Martil, Ouerrha). Ce sont les bassins versants où la dégradation du couvert végétal forestier est la plus avancée et la plus rapide.

BV	Barrage	Superficie ha	Apport eau en 1000 m3	DSL	Apport solide en 1000 m3	Ds m3/ha	Pellicule mm/an
Loukkos	El Makhazine	182000	916000	5,38	4928	27,08	2,71
Mharhar	Ibn 'Batouta	18000	65340	13	849	47,19	4,72
Martil	Nakhla	11000	186000	4,64	863	78,46	7,85
Nekkor	El Khattabi	79000	88000	14,06	1237	15,66	1,57
Moulouya	Mohamed V	4992000	915000	21	19215	3,85	0,38
Inaouène	Idriss I	368000	635000	5,7	3619	9,84	0,98
Beht	El kansera	454000	402000	4,85	1949	4,29	0,43
Ouerrha	Al Ouahda	619000	2980000	7	20860	33,70	3,37
Sebou	Allal Fassi	343000	219480	5	1097	3,20	0,32
Bou Regreg	Ben Abdellah	980000	842800	3,14	2646	2,70	0,27
Oued el Abid	Bin el Ouidane	640000	1144000	4,24	4850	7,58	0,76
Tessaout	My Youssef	144000	290000	5,6	1624	11,28	1,13
Lakhdar	Hassan I	368000	295000	16,62	4902	13,32	1,33
OR Moy	Al Massira	2850000	3440000	3,61	12418	4,36	0,44
Nfis	Takarkoust	171000	163000	4,53	738	4,32	0,43
Issen	Abdelmoumen	130000	86000	3,48	299	2,30	0,23
Massa	Ben Tachfine	378000	122000	10,4	1268	3,36	0,34
Draa	Dahbi	1500000	405000	14,55	5892	3,93	0,39
Ziz	Dakhil	440000	154000	12,28	1891	4,30	0,43
Total		13705000	13348620		91152	6,65	0,67

Tableau 9 - Ecoulement, turbidité des eaux des oueds, apport solide et pertes en sols

En ce qui concerne les processus hydriques, les mesures montrent au Maroc une normale peu agressive (Heusch, 1970, Debazac et Robert, 1973), avec quelques événements isolés qui perturbent l'espace en profondeur et des implications qui contredisent totalement les interventions d'aménagement réalisées, puisque l'on a souvent cherché à se protéger contre des mécanismes habituels peu offensifs, vis-à-vis desquels on s'est prémuni à un coût très élevé, alors que ces dispositifs ne montrent aucune résistance face aux mécanismes à forte magnitude mais à faible occurrence. Ceci signifie que les dépassements de seuils constituent les risques fondamentaux, celui du passage du ruissellement laminaire aux rigoles encaissées (Kalman, 1976), du terrain humide stable au terrain engorgé affecté par des désordres ou celui de l'acquisition par un écoulement habituellement modéré du caractère torrentiel et catastrophique.

Ces dépassements de seuils sont souvent enregistrés hors saison pluvieuse dans les hautes montagnes et dans les montagnes sèches, et s'expliquent par des phénomènes d'intensité qui expliquent des catastrophes en terme de volume ruisselé et de dégâts en infrastructures et en vies humaines (catastrophes de l'Ourika en 1995 ou d'El Hajeb en 1998) ; l'effet aval de telles situations est réduit, du fait de la rapide évaporation des eaux. Les mêmes dépassements de seuils se produisent plus souvent en plein dans la saison humide dans les montagnes du Nord, en relation avec des phénomènes de durée des événements pluviométriques, responsables de situations de saturation ; les dégâts sont tout aussi importants, en terme de sol, mais surtout au niveau des équipements ; ces situations ont par ailleurs un effet aval très élevé avec l'impact de l'envasement des retenues ou des crues en plaine. On se rend compte que finalement, une bonne gestion des terres place l'eau au premier plan et vise à éviter les concentrations et les excès, à disperser l'énergie, à infiltrer la quantité nécessaire pour le profit des plantes, tout en drainant les surplus et donc à profiter au mieux de cette eau, tout en évitant les dégradations. C'est à travers de telles considérations que s'illustre l'effet du couvert végétal et l'impact de sa dégradation.

Spatialement au Maroc, l'action de l'érosion hydrique est variable : dans certains secteurs, elle transforme carrément l'espace ; dans d'autres elle paraît inopérante. C'est le cas sur les larges affleurements de roches cohérentes faiblement altérées. Très souvent, le ruissellement ne s'attaque qu'aux héritages (formations superficielles) et aux roches tendres. Par ailleurs, c'est sur les fortes pentes que l'action du ruissellement

concentré est la plus efficace. Sur les piémonts, l'épandage en bras divaguants explique l'importance du ruissellement en nappe.

Régionalement, l'érosion est surtout déchainée dans le Monde rifain, pour des raisons structurales, lithologiques et climatiques. Dans le domaine atlasique, il existe des nuances : les dépressions en roche tendre sont évidées alors que les hautes montagnes connaissent les effets plus épisodiques des événements exceptionnels.

La lame d'eau ruisselée varie entre 0 et plus de 500 mm ; elle est inférieure à 50mm dans les montagnes arides avec évaporation de 90% du volume précipité ; dans les milieux subhumides, le coefficient de ruissellement est de 20-30% et la lame écoulée de 200-500 mm ; cette dernière est supérieure à 500 mm dans les massifs les plus humides du Rif, pour un coefficient de 30-50%.

La perte en sol est très variable et le couvert végétal y joue un rôle fondamental ; la comparaison de trois petits bassins versants ayant des caractéristiques physiques semblables, mais très différents pour le facteur couvert végétal (Heusch, 1970) est très parlante :

- dans la subéraie dense, même sur pente forte, l'érosion est négligeable ;
- le comportement d'un bassin-versant forestier, à moitié défriché, indique une érosion modérée ;
- par contre la monoculture du blé dans un bassin-versant totalement défriché déclenche une érosion forte.

Cela signifie qu'un paysage de matorral troué par des portions au couvert dégradé ou par des parcelles mises en culture ne change pas fondamentalement le comportement à l'intérieur d'un bassin-versant.

Le seuil de déclenchement du ruissellement est très variable (Laouina et al., 1993, Chaker, 1997, Laouina et Chaker, 1998) ; il dépend aussi bien de l'intensité que des précipitations antérieures et de l'état du sol ; mais l'analyse fréquentielle sur plusieurs années a montré que ce seuil tourne autour d'un volume précipité de 6mm dans les parcelles en céréales, de 10-15mm dans le matorral assez peu dégradé.

La fréquence du ruissellement a été analysée ; une lame ruisselée supérieure à 0.1 mm par événement est produite dans 32-36% des événements pluvieux sur versant cultivé en céréales, dans 25-28% sur jachère et dans 9% au sein du matorral de chêne vert. Les pluies orageuses d'été, caractérisées par une violence particulière restent néanmoins responsables des plus forts volumes ruisselés ; 90% des événements de ruissellement supérieur à 1mm se sont passés en période sèche ; il ne se produit pas de saturation des profils, mais l'intensité jointe au tassement des sols et à leur encroûtement superficiel expliquent le caractère torrentiel de l'écoulement et les dégâts qui s'en suivent.

En région atlantique, les pluies habituelles n'ont qu'un effet limité (en aval, le ruissellement faible rend les ravines pratiquement inopérantes), sauf dans des conditions particulières, comme les pentes nues ou portant des cultures sarclées ou des plantations d'eucalyptus. Dans ces milieux subhumides, la plupart des ruissellements forts sont précédés par des pluies frontales durables ; c'est ce qu'avait remarqué Heusch (1970) dans le Prérif.

La turbidité des eaux ruisselantes est maximale dans les terres travaillées, quelle que soit la technique de labour. Seul un dispositif de terrasses de niveau la réduit de manière conséquente, alors que les banquettes ne jouent de rôle de protection que face aux pluies les moins agressives. Elle est par contre minime sous matorral. Une jachère non pâturée et non travaillée protège efficacement le sol, même sur pente forte. La différenciation entre les champs nus ou fraîchement labourés d'une part et les plantations d'eucalyptus d'autre part réside dans la turbidité des eaux ruisselantes ; sous plantations, les eaux ruisselantes abondantes sont claires mais ont un effet hors site dans le réseau de ravines important.

Globalement, les profils de sols sont tronqués, uniquement conservés en poches. Malgré cela le ruissellement sur les versants montagneux est modéré (moins de 30% de la lame précipitée, dans tous les cas, moins de 10% dans la majorité des cas). La dégradation spécifique est généralement modeste. Mais la dynamique connaît une totale transformation à la suite de pluies estivales intenses en montagne semi-aride continentale ou de pluies durables d'hiver en milieu subhumide océanique ou méditerranéen. Un ruissellement généralisé occasionne des crues en aval et une forte érosion sur les réseaux hydrographiques, alors que dans les champs se développent des rigoles.

Dans le réseau d'écoulement concentré se passe l'essentiel de l'érosion :

- les griffes sont saisonnières et sont estompées par le labour ; elles occasionnent pourtant une perte massive de matériel pédologique qui rejoint les ravins (Kalman, 1976) ;
- les ravines connaissent des changements mesurables à l'échelle du terrain, avec réactivation du profil vertical de certaines, creusement à la suite d'un événement d'autres ou au contraire effacement par extension latérale et cicatrisation, liées au labour sur les bords, à la construction de seuils ou au simple rejet

de pierres suite à l'épierrage des champs ; à l'échelle de la photo d'avion, les changements sont par contre minimes.

Les estimations de Heusch (1970) montrent que les versants ne contribuent que pour une petite part de l'érosion globale les années normales, mais que lors des années d'hydraulicité forte, les versants et les ravins jouent un effet comparable, car le creusement des rigoles dans les champs entraîne un dépassement de seuil et entraîne des valeurs de dégradation élevées.

Inondations et érosion fluviale

Au Maroc, le drainage se réalise par bassins organisés mais non réellement hiérarchisés. L'unité hydrologique de bassin est juste apparente puisque l'oued est constitué de la succession de cours d'eau mal raccordés dont l'action est discontinue, dans une vallée démesurée héritée constituée de l'étalement de nappes alluviales mal triées de galets, limons et sables. Mais épisodiquement, de simples rigoles peuvent se transformer en torrents.

La concentration des eaux de pluie peut être très élevée sous forme de crues soudaines (débit instantané de plus de 10000m³/s sur le Sebou ; plus de 8000 m³/s sur la Moulouya). Sur les petits oueds, les valeurs sont encore plus impressionnantes (ex de l'oued Lao en 1951 qui a écoulé 1530 m³/s d'un bassin-versant de 939 km², soit 1630 l/s/km²). Mais c'est dans les régions steppiques que les crues sont les plus soudaines et les plus dévastatrices. Dans le domaine purement méditerranéen, les inondations se limitent aux basses plaines comme le Rharb ou les petites plaines méditerranéennes.

Lors des crues, la turbidité est très élevée. Le rapport puissance/charge varie beaucoup au cours de la crue, en fonction des apports latéraux en eau et en débris et en fonction de la résistance des berges et des versants proches du lit. L'oued est ainsi souvent à la limite de sa capacité de transport et déplace continuellement son lit en rongant les berges, ce qui augmente sa charge ; dans les sections élargies, il étale sa charge grossière sur la rive convexe ; dans les gorges, il entraîne sa charge. Il se comporte comme une lave, par exemple, après la traversée d'affleurements de roches tendres. Le profil est ainsi continuellement en équilibre instable.

L'accumulation lors de ces inondations est importante ; ainsi dans les oueds rifains littoraux, l'alluvionnement occupe le fond du lit (Maurer, 1968) ; des champs sont ennoyés et des arbres recouverts. L'aspect le plus grave consiste néanmoins dans l'envasement des retenues qui représente un autre aspect de l'action fluviale. Les barrages pièce maîtresse de la politique agricole du Maroc et base fondamentale pour le maintien de l'irrigation, sont menacés par le danger d'envasement à plus ou moins grande échéance ; l'alluvionnement annuel est par exemple estimé à 50 Mm³ au Maroc.

Implications économiques de la dégradation des terres

La dégradation du milieu naturel signifie d'abord la diminution de la production forestière, malgré l'extension des plantations ; elle signifie aussi l'envasement des retenues de barrages - base de l'économie agricole moderne et du développement urbain, de nombreux dégâts dommageables pour les infrastructures, la baisse de la valeur touristique des régions dévastées, etc. Selon les estimations, les pertes les plus importantes concernent les destructions et la menace qui pèse sur les retenues de barrages et les infrastructures ; la perte en terre agricole ou pastorale n'arrive qu'en second lieu.

Réduction du capital terre - L'érosion hydrique des sols occasionne annuellement la perte de fertilisants et une certaine réduction d'épaisseur. Il faut néanmoins remarquer que l'érosion maximale se passe lors des années de forte hydraulicité qui sont pourtant les années qui enregistrent des rendements records et un bon recouvrement végétal des terres de parcours.

Dégâts sur les infrastructures et réduction des possibilités des retenues de barrage - Les ressources en eau du Maghreb sont limitées ; au Maroc, le volume stocké est de 10 à 12 km³. La capacité déjà perdue est de 1 milliard de m³ soit 10% du volume des retenues. La réduction annuelle est de 50 millions de m³, soit 0.5% de la capacité annuelle de stockage. A partir de l'an 2000, la réduction annuelle pourrait s'élever à 100 Mm³ puis à 150 Mm³ en 2030 (Conseil Supérieur de l'Eau, 1991). Pour maintenir la capacité à son niveau actuel, il faudrait construire annuellement un barrage de 150 Mm³.

CONCLUSION

Au Maroc, la tendance est à l'intensification de l'élevage, du moment que la stabulation et la complémentation deviennent nécessaires alors que la vaine pâture devient de plus en plus secondaire. Les moindres variations dans les conditions de recouvrement végétal peuvent entraîner le fonctionnement direct du ruissellement, en plus de l'appauvrissement de surface, suite à l'entraînement par les eaux de ruissellement de la matière organique et des fertilisants des sols.

Cette vulnérabilité à l'érosion est fonction du couvert végétal. Les terres dénudées sont généralement plus favorables au ruissellement que les terres forestières, de matorral ou de steppe. A l'intérieur de ces dernières, le degré de pâturage introduit une nuance de taille et constitue un élément facilitant l'avènement du ruissellement par le tassement et le compactage des sols qu'il induit.

Si le couvert végétal ne constitue pas toujours un frein à l'avènement du ruissellement, il n'en limite pas moins l'ampleur. Dans les terres forestières, l'activité biologique, importante dans l'horizon supérieur, induit une moindre compactation des sols et par conséquent une meilleure infiltration des eaux. Dans les terres dénudées, l'horizon organique supérieur du sol est absent ou appauvri et les particules fines sont entraînées vers l'aval participant ainsi à un plus grand assèchement des sols et une plus grande vulnérabilité au ruissellement. ♦

Contact :

Laouina, A., M. Chaker, R.Nafaa et R. Naciri

Unesco-Gas Natural, Chaire de Gestion de l'Environnement et du Développement Durable, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université Mohammed V, BP 1040, Rabat (Maroc)

E-mail : cugn@wanadoo.net.ma, mchacker2@caramail.com

Références

- Beudet G. 1969 : Le Plateau central marocain et ses bordures. Etude géomorphologique. Rabat, pp. 478.
- Benabid A. (1992): Dégradation des écosystèmes forestiers marocains. Publ. Comité Environnement, Rabat, p. 79-84.
- Chaker M. 1997 : Processus de dégradation des terres et désertification dans les pays d'El Aïoun-Tanecherfi, Méditerranée, 1.2, p. 5-14.
- Chaker M. & Laouina A., 1998 : Processus de dégradation des terres et désertification des pays Ayat-El Aïoun, Bull. Egypt. Geogr. Soc., t.LXXI, p. 165-191.
- Conseil Supérieur de l'Eau, 1991: Aménagement des bassins-versants et protection des barrages contre l'envasement, Rabat, 5ème session, multigr., 75p.
- Debazac, E. et Robert, P. 1973. Recherches relatives à la quantification de l'érosion. Document n°4, Publications du projet érosion, F.A.O, Rabat.
- Heusch, B. 1970. "L'érosion dans le Prérif: une étude quantitative de l'érosion hydraulique dans les collines marneuses du Prérif occidental". Annales des recherches forestières, 12.
- IAV Hassan II- Utah State University (1993-94) : Le développement des zones de parcours au Maroc.
- Kalman, R. 1976. "Etude expérimentale de l'érosion par griffes". Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique, Vol 13 (5), pp. 395-406.
- Laouina A., Chaker M., Naciri R. et Nafaa R. (1993): L'érosion anthropique en pays méditerranéen, le cas du Maroc septentrional, Bull. Assoc. Géogr. Franç., Paris, p.384- 398.
- Laouina A., Chaker M., Naciri R. & Nafaa R. (1995) : Runoff and erosion rates in relation with land use changes in Morocco, Comm. au Colloque sur les transformations de l'utilisation des sols, Aveiro, Portugal, juin 1995.
- Laouina A (1998): North Africa, in Land Degradation in Mediterranean Environments of the World, Ed. Conacher & Sala, Wiley, p. 91-108.
- Laouina A (1998) : Dégradation des terres dans la région méditerranéenne du Maghreb, Bull. Rés. Erosion, n° 18, ORSTOM, Montpellier, p.33-53.
- MAMVA – Agroconcept (1995) : Plan National d'Aménagement des Bassins-versants.
- MAMVA (1995) : Plan Directeur du Reboisement.
- MAMVA (1995) : Stratégie de développement des terres de parcours au Maroc.

Nafaa R., Laouina A, et Watfeh A. (1997) Occupations des sols et dégradation des terres dans la Mamora Méditerranée 1.2., 1997 pp:45-53.

Pascon P., Van der Wusten H., 1983: "Les Beni Bou Frah, essai d'écologie sociale d'une vallée rifaine", Rabat, IURS, 297p.

Plit F. (1983): La dégradation de la végétation, l'érosion et la lutte pour protéger le milieu naturel en Algérie et au Maroc, Méditerranée, n°3, p. 79-88.

PNUD-FAO (1973) : Lutte contre l'érosion et conservation des sols, Projet MOR 71/536.