

Problèmes de dégradation de l'environnement par la désertification et la déforestation : impact du phénomène au Maroc

Kawtar Fikri Benbrahim¹
Mohammed Ismaili²
Sanae Fikri Benbrahim³
Abdellatif Tribak⁴

¹ Laboratoire de biotechnologie et
amélioration de la production végétale,
Faculté des sciences et techniques,
Fès-Saïss,
BP 2202,
Route d'Imouzzer,
Fès,
Maroc
<kawtarbenbrahim@hotmail.com>
<kawtar2@caramail.com>

² Laboratoire de microbiologie et de
physiologie des symbioses,
Faculté des sciences de Meknès,
BP 4010,
Beni M'hamed,
Meknès,
Maroc
<ismaili@fsmek.ac.ma>

³ UFR de biologie, Université Joseph Fourier,
Grenoble 1, 2231, rue de la piscine, 38400
Saint Martin d'Hères, France
<kitty157@hotmail.com>

⁴ Laboratoire de géomorphologie,
Faculté des lettres et des sciences humaines
de Fès-Saïss,
BP 59,
Route d'Imouzzer,
Fès,
Maroc
<Abdeltribak@caramail.com>

Résumé

Les effets conjugués de la pression anthropique croissante sur les ressources naturelles et des conditions climatiques sévères engendrent des dysfonctionnements de l'écosystème terrestre. Ces effets sont amplifiés par les modes et systèmes inappropriés d'exploitation des ressources naturelles disponibles. Cela conduit à la régression des massifs forestiers, à la diminution de la disponibilité des ressources en eau et leur pollution, et à la dégradation des parcours et des sols, pouvant engendrer la désertification et la disparition de certaines espèces animales et végétales. Ces perturbations qui affectent les ressources biologiques et les potentialités des terres, se traduisent par la détérioration du niveau de vie de la population, l'abandon des terres et l'exode rural ou l'émigration. Même les progrès rendus actuellement possibles par les nouvelles techniques et les nouvelles politiques en matière d'environnement sont réduits à néant par l'accélération de l'accroissement démographique et du développement économique. En effet, l'augmentation des terres agricoles due à la croissance démographique et à l'augmentation des cultures d'exportation ou de l'élevage entraîne la déforestation et le surpâturage qui favorisent l'érosion hydrique et éolienne. Ainsi, dans les zones semi-arides, le surpâturage et la déforestation contribuent à la désertification qui empêche la reconstitution du couvert végétal et peut être considérée comme la forme ultime de la dégradation des terres. L'objectif de cette étude est de rassembler des données récentes sur l'impact de ces phénomènes au Maroc, en essayant d'analyser parallèlement la contribution de différents facteurs et paramètres qui les provoquent. Mais pour mieux apprécier leur ampleur au Maroc, il s'est avéré nécessaire de les évaluer brièvement dans le monde entier, d'une part, et en Afrique, d'autre part. Cette étude révèle le rôle primordial de l'action anthropique sur la dégradation des terres au Maroc, ainsi que l'importance de l'érosion hydrique dans le Rif et le pré-Rif, de l'érosion éolienne dans les vallées de Drâa et du Ziz, du surpâturage dans les plateaux de l'Oriental, de la salinité dans le Souss et les périmètres irrigués, et des défrichements et prélèvements de bois dans les zones forestières.

Mots clés : Dégradation, Désertification, Déforestation, Érosion, Facteur anthropique, Maroc.

Summary

Land degradation by desertification and deforestation in Morocco

Increasing pressure on natural resources and hard climatic conditions generate terrestrial ecosystem dysfunctions. These effects are amplified by an inappropriate use of the existing natural resources, thereby leading to the regression of forest

clumps, the decrease of water supplies and water pollution, soil degradation, and hence to desertification and reduction of animal and plant diversity. Such disruptions affecting the biological resources and the earth supplies also affect the lives of the people who end up leaving their fields to move to neighbouring cities or emigrate. New techniques of environmental remediation are available to enhance production and protect ecosystems, but unfortunately, social and economic issues are reducing these advances to nothing. Arable land expansion leads to deforestation and to overgrazing, which causes water and wind erosions. All these factors along with drought, topography, soil and vegetation overuse, as well as farming systems, contribute to the desertification process in semiarid zones. The soil's chemical, physical and biological properties undergo important changes which play an essential role in causing vulnerability to desertification due to human activities. This phenomenon prevents the reconstitution of the vegetal cover and can be considered as the ultimate form of soil degradation. The aim of this paper is to gather new data as to the impact of these phenomena in Morocco and to study the different contributing factors. For a better understanding of their importance, it appeared necessary to briefly assess them worldwide on the one hand, and in the African context on the other. This paper shows the overall important part of anthropic actions on land degradation in Morocco, and evaluates the level of water erosion in Northern Morocco (Rif and pre-Rif areas), of wind erosion in Southeastern Morocco (Drâa and Ziz valleys), of overgrazing in Eastern Morocco, of salinity in Southwestern Morocco, and of deforestation. It also shows that even though drought and hard climatic conditions can contribute to desertification, the latter is mainly due to changes in the ways man uses natural resources, more particularly overgrazing, land clearance, crops, and more generally inappropriate land use.

Key words: Degradation, Desertification, Deforestation, Erosion, Anthropic Factor, Morocco.

Au Maroc, comme dans les pays en développement, la conjugaison de la pauvreté et de la croissance démographique dans les milieux fragiles aboutit à une dégradation des ressources non renouvelables, ou difficilement renouvelables, notamment les forêts, les sols et les eaux. Ces ressources assurent en effet la survie de plus d'un tiers de la population mondiale. Ainsi, la dégradation des terres fragiles affecte environ 25 % de la superficie terrestre et menace les moyens d'existence de plus de 900 millions de personnes dans une centaine de pays [1]. Ce processus s'accélère à cause du surpâturage, de la surexploitation des cultures, des mauvaises méthodes d'irrigation, du déboisement, en plus des conditions climatiques sévères. Les écosystèmes arides et semi-arides recouvrent environ 2/3 de la surface émergée du globe [2], en particulier dans les régions tropicales où les habitants souffrent d'une alimentation très inadéquate et surexploient les ressources naturelles pour survivre. De plus, l'augmentation spectaculaire de la population mondiale, d'environ 1 milliard en 1800 à plus de 5 milliards en 1996-1997, s'est traduite par l'augmentation des pressions exercées sur les terres. Ainsi, au début des années 1990, près de 40 % de la surface terrestre avaient été convertis en terres cultivées et en pâturages permanents au détriment des forêts et des prairies [3]. De 1960 à 1990, le couvert forestier tropical

mondial a perdu 450 millions d'hectares, l'Asie ayant perdu près du tiers du sien, tandis que l'Afrique et l'Amérique latine en ont perdu environ 18 % chacune. De plus, l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient ont perdu 11 % de leur couvert forestier naturel de 1980 à 1990 [3] et la superficie des forêts a diminué de 180 millions d'hectares de 1980 à 1995 [4]. De même, les coupes intensives, la pollution de l'air, les méthodes d'extinction des incendies et la propagation de nouvelles espèces de ravageurs et de maladies affectent beaucoup de forêts tempérées.

Étendue du problème à l'échelle de l'Afrique

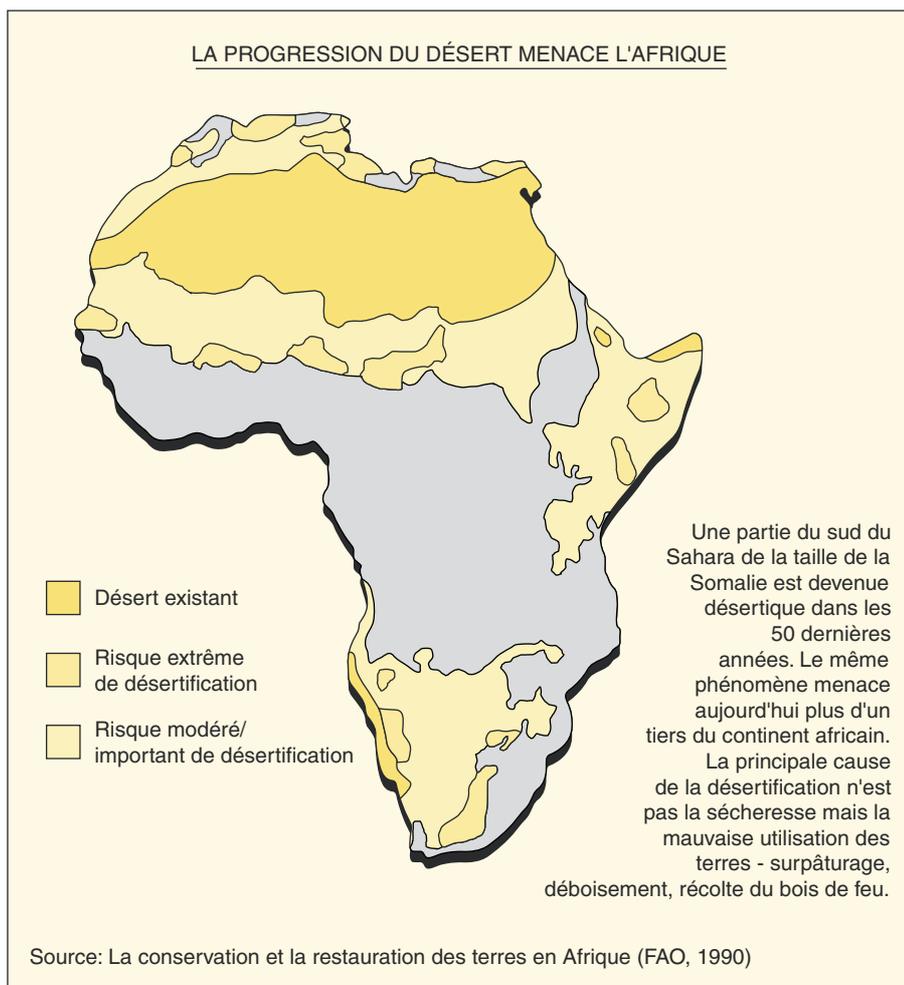
Parmi les 3 milliards et demi d'hectares de forêts qui recouvrent notre planète, l'Afrique ne compte qu'environ 500 000 000 d'hectares, ce qui représente moins du 1/5 de sa superficie, tandis que la moitié de la surface émergée de l'Europe et de l'Amérique du Sud est couverte de forêts [5]. Le continent africain a perdu 39 millions d'hectares de forêts tropicales de 1980 à 1990 et plus de 10 millions d'hectares en 1995. Les terres arides et les déserts recouvrent 66 % de la superficie globale de l'Afrique [6], et 73 % des terres arides agricoles y sont déjà dégradées ou en voie de dégradation (figure 1).

Par ailleurs, l'Afrique compte environ 16,5 millions de km² déjà désertifiés ou menacés par la désertification. Il reste à noter que plus de 75 millions de personnes, dont 62 % vivent d'agriculture et 23 % d'élevage, habitent les régions sèches [7], et que 49 % de la dégradation totale sont dus au surpâturage.

Spécificité du Maroc

Situé entre l'océan Atlantique, la mer Méditerranée et le désert, et dominé par de hautes montagnes, le Maroc s'étend sur une superficie d'environ 71,5 millions d'hectares et comprend 44 % de terres incultes. Le reste est réparti en 9,3 millions d'hectares de terres cultivables, 5 814 000 hectares de forêts ; 3 186 000 hectares de nappes alfatières et 21,3 millions d'hectares de terrains de parcours [8]. En plus, le Maroc, avec ses 4 500 espèces (de plantes vasculaires phanérogames) dénombrées, dont 537 endémiques, offre la plus grande richesse floristique après la Turquie sur le pourtour méditerranéen [9]. L'essentiel de cette diversité est localisé dans les formations forestières naturelles, s'échelonnant des acacias sahéliens à faible couvert végétal aux belles cédraies tabulaires du Moyen-Atlas à potentialités forestières élevées. Outre sa fonction environnementale, la forêt revêt une impor-

LA PROGRESSION DU DÉSERT MENACE L'AFRIQUE



Ampleur du phénomène de dégradation des terres au Maroc

On estime que la disparition de la couche arable des sols marocains est d'environ 22 000 ha/an [13], et que plus de 12 000 000 hectares (dont 1/3 de la surface cultivable) sont menacés de dégradation par érosion, salinisation et surexploitation [14]. D'où un coût de dégradation de l'environnement au Maroc de l'ordre de 20 milliards de dirhams (environ 2 milliards d'euros), soit 8 % du PIB [14]. Une évaluation de l'érosion au Maroc septentrional, sur une superficie de 22 700 000 hectares, a montré que 12 500 000 hectares des terres de culture et de parcours, sont à des degrés divers, exposés à l'érosion hydrique [14]. Une autre étude avait montré que sur 7 500 000 hectares de terres agricoles étudiées en 1973, 5 500 000 hectares étaient fortement soumises à ce phénomène [11].

De même, sur 20 millions d'hectares de bassins-versants en amont des barrages, environ 5 millions d'hectares présentent d'importants risques d'érosion hydrique. En effet, sur la superficie de 15 millions d'hectares des 22 bassins-versants considérés comme prioritaires, 11 millions sont jugés à risque élevé et 3 millions sont à aménager d'urgence [11]. Ainsi, la dégradation spécifique dépasse les 20 tonnes/ha/an dans la montagne rifaine, varie de 10 à 20 tonnes/ha/an dans les régions pré-rifaines, de 5 à 10 tonnes/ha/an dans la zone du Moyen- et Haut-Atlas et est inférieure à 5 t/ha/an dans le reste du Maroc, y compris l'Anti-Atlas [14, 15]. Il semble que 60 % des terres érodées au Maroc soient situées dans le Rif qui ne couvre que 6 % du territoire national [16]. La combinaison entre une forte pluviométrie, une extension spectaculaire de roches tendres (marnes, schistes et argiles), un relief accidenté et une forte occupation humaine font du Rif une zone réellement vulnérable et prédisposée aux phénomènes d'érosion.

Selon les estimations de Lelandais et Fabre [19], l'érosion moyenne des bassins-versants de l'oued Ourgha (Pré-rif) est de 60 t/ha/an avec une variation de 18 à 109 t/ha/an suivant les versants. Dans les bassins-versants de l'oued Lebène (Pré-rif) la dégradation spécifique varie de 1,4 t/ha/an en année sèche à plus de 35 t/ha/an en année humide [18]. Elle est de 39 t/ha/an, en amont du barrage Ibn Batouta, dans le bassin-versant Telata dans le Rif occidental [20]. La capacité de rétention de ce barrage (situé à mi-chemin entre Tanger et Tétouan) a diminué de 43 millions de m³ en 1978 à 38 millions de m³ en 1987, soit un envasement

Figure 1. L'étendue de la désertification en Afrique.
(source : <http://www.fao.org/desertification/default.asp?lang=en>).

tance économique incontestable. Elle produit annuellement 120 000 m³ de bois d'œuvre et d'industrie, 11 millions de m³ de bois de feu, 320 000 m³ de pâte à papier, 150 000 stères de liège, ce qui représente 35,3 % des exportations des produits forestiers, 1 milliard et demi d'unités fourragères, et plus de 250 000 tonnes d'alfa (*Stipa tenacissima* L.) [10]. Cette dernière constitue, dans les zones steppiques, l'unique source alimentaire du cheptel et représente la seule espèce permettant la fixation du sol et la lutte contre l'érosion éolienne [10]. De ces données, il s'avère que les produits sylvestres assurent la couverture des besoins nationaux pour 30 % de bois d'œuvre et d'industrie, 30 % du bilan énergétique, 17 % des besoins alimentaires du cheptel et 120 000 emplois permanents, ce qui contribue, globalement, pour près de 2 % du produit intérieur brut (PIB) agricole et pour 0,4 % du PIB national [10].

Bien que la surface agricole utilisée (SAU) ne couvre que 8 700 000 hectares, le secteur agricole joue un rôle important dans l'économie marocaine, en contribuant de 15 % à 20 % au PIB. L'occupation des sols est dominée par les céréales qui couvrent de 5 millions à 6 millions d'hectares, soit 60 % de la SAU totale, puis par la jachère qui en occupe près de 25 % [11]. Viennent ensuite l'arboriculture avec un pourcentage de 7 % et les légumineuses avec 5 %. Quant aux cultures industrielles, maraîchères et fourragères elles occupent de 2 à 3 % chacune [12].

Sur le plan démographique, la population marocaine est passée d'environ 8 000 000 d'habitants en 1940 à 26 200 000 en 1994. On estime qu'elle atteindra 47 500 000 en 2025. Elle connaît un taux de croissance annuel de 1,7 % et un taux d'urbanisation de 54 % [11].

annuel de 500 000 m³ représentant 10 % de sa capacité de rétention [21]. Les travaux de cartographie des formes d'érosion, effectués par le ministère de l'Agriculture, du Développement rural et des Eaux et Forêts (Madref), montrent une moyenne de dégradation spécifique de 800 t/ha/an pour les formes de sapements de berges, de 79 t/ha/an pour les zones ravinées et soumises à solifluxion, et de seulement 5,6 t/ha/an pour les versants soumis à une érosion aréolaire [22].

Il est important de noter que les phénomènes d'érosion hydrique et éolienne, qui touchent à des degrés divers près des 2/3 des terres de cultures, provoquent la réduction des capacités de stockage des barrages marocains de 50 millions à 60 millions de m³/an, par envasement. Tel est le cas des barrages Mohammed V et Nakhla qui ont perdu environ la moitié de leur capacité et Machrâa Hammadi qui risque de devenir inexploitable, ce qui correspond à une perte annuelle des possibilités d'irrigation de 5 000 à 6 000 hectares (suite au dépôt de plus de 50 millions de m³ de sédiments/an dans les retenues des barrages) [23]. Il réduit également la disponibilité en eau potable ainsi que la production en électricité dont la diminution est estimée à 300 millions de kWh [11].

Les terrains de parcours, couvrant une superficie globale de 53 millions d'hectares (dont 21 millions de parcours de steppe) et assurant environ 30 % des besoins alimentaires du cheptel national, connaissent de leur côté une dégradation sévère depuis plusieurs années. Cette dégradation est due à l'action combinée des sécheresses successives, du surpâturage (*photo 1*), du défrichement (*photo 2*) et de l'exploitation irrationnelle de certaines espèces pastorales à des fins domestiques ou industrielles [24]. Ainsi, les écosystèmes pastoraux fortement dégradés couvrent une surface d'environ 8 300 000 hectares concentrés dans l'Oriental, l'Arganeraie, le pré-Sahara et le Sahara [11]. Les écosystèmes moyennement dégradés couvriraient une surface plus importante. En effet, le surpâturage se traduit par des prélèvements excédant de 23 % les possibilités des parcours naturels. Le défrichement touche près de 65 000 ha/an des meilleures terres de pâturage [11] avec une superficie de 20 000 à 80 000 hectares d'armoise et d'alfa qui est annuellement mise en culture. Depuis 1950, environ 180 000 hectares de nappes alfatières ont disparu, suite au défrichement pour une céréaliculture itinérante [14].

Par ailleurs, le couvert végétal forestier perd plus de 30 000 ha/an suite aux défrichements, aux prélèvements pour les besoins en bois d'énergie (*photo 3*) et aux



Photo 1. Écosystème dégradé d'arbousiers, à cause de la rareté des terrains de pâturage, sur le bord d'une route à travers l'Anti-Atlas.

(source : J.B. Deperraz et S. Gerlier <http://www.tu2000.com/art20.htm>).



Photo 2. Paysage de collines marmeuses du pré-Rif oriental, totalement défrichées et mises en culture. Elles sont livrées aux processus d'érosion, notamment le décapage et le ravinement. Les pertes en terres et la production de sédiments y sont très importantes.

(cliché : A. Tribak, 1993)

incendies [14, 24]. Le défrichement cause la perte irréversible d'environ 6 000 ha/an de forêt dans les provinces d'Al Hoceïma, Azilal et Taza. La consommation de combustibles ligneux se caractérise par une différence de l'ordre de 70 % entre les prélèvements et les possibilités de production, ce qui dépasse de loin la possibilité de renouvellement des forma-

tions végétales. Ainsi, le Rif a perdu entre 1966 et 1986 la moitié de sa couverture végétale [13], et la forêt de la Maâmora a perdu presque les 2/3 de sa superficie en moins d'un siècle [25]. De même, la forêt d'arganier s'étendant sur une superficie de 830 000 hectares, située principalement dans le Sud-Ouest marocain, a connu une dégradation massive durant



Photo 3. Coupe de bois de feu et fabrication du charbon de bois au Moyen-Atlas, dans une forêt de chênes dégradée sur un substrat calcaire-dolomitique.

(source : Écosystèmes forestiers, Système de communication de l'information sur la désertification au Maroc (SCID Maroc); ministère de l'Agriculture, du Développement rural et des Pêches maritimes. www.madrpm.gov.ma/scidmaroc/partenar/forests/ecosyssem/ecosys.html).

ces dernières décennies. En moins d'un siècle, plus d'un tiers de l'arganeraie a disparu [26] et sa densité moyenne est passée de 100 à 30 arbres/ha. À titre d'exemple, un écosystème à arganier de la forêt d'Admine dans le Souss, initialement de 22 000 hectares (en 1950) a régressé de 9 900 hectares entre 1969 et 1986 [27], ce qui a amplifié les phénomènes d'érosion éolienne et d'ensablement dans cette région. Quant à la palmeraie, répartie entre les contreforts sud des montagnes du Haut-Atlas (vallées de Drâa et du Ziz) et l'est de cette chaîne de montagnes (palmeraie de Fenaga à Figuig), sa superficie a chuté de moitié depuis le début du xx^e siècle (1947) se traduisant par la diminution du nombre de palmiers dattiers de 15 000 000 de pieds à 4 400 000 pieds [11], avec une perte de 780 783 pieds dans les vallées de Drâa et du Ziz durant la seule année de 1974, à cause d'une sécheresse excessive [28] qui a accentué les dégâts causés par la maladie du bayoud. Dans le Tafilalt, 4 000 pieds disparaissent en moyenne chaque année, ce qui correspond à une baisse de 116 tonnes de dattes/an [29].

La salinité et l'excès d'eau constituent d'autres phénomènes qui menacent environ 500 000 hectares de terres, situées pour la plupart dans les périmètres de grande hydraulique [11]. Dans les seules provinces d'Ouarzazate et d'Errachidia, environ 22 000 hectares de terres irriguées et 5 000 000 d'hectares de terrains de parcours sont touchés par la salinisation qui y conjugue ses effets avec ceux de l'ensablement. Une étude effectuée en 1982 par l'Office régional de mise en valeur (ORMVA) du Tafilalt, portant sur 21 000 hectares, a révélé que 35 % des

sols de la palmeraie sont salés (4 à 6 g/L) et 18 % sont très salés (> 16 g/L) [11]. Selon Boubekraoui [29], 50 000 à 70 000 tonnes de sels se déposent chaque année dans l'espace cultivé du Tafilalt, surtout dans les secteurs situés à l'aval des ksours de Gaouz, Zt-El-Maati, Zt-El-Cadi et Ouled Abderrahmane, et à l'amont, dans toute la partie ouest du district du Tizimi. En plus, certaines zones côtières sont confrontées au risque d'intrusion des eaux salées d'origine marine dans leur système aquifère (nappe d'Oualidia, périmètre d'El Mnasra dans le Gharb et plaine de Triffa dans le Nord-Est).

L'ensablement constitue un autre phénomène qui menace l'environnement. Il cause d'importants dommages aux infrastructures d'irrigation surtout dans le Sud. Ainsi, les zones d'ensablement se situent principalement au sud de l'axe reliant les villes de Guelmim, Tata, Ouarzazate, Errachidia et Figuig, et par endroits le long de la frange côtière Casablanca-Agadir (figure 2). La vallée de Drâa suivie par la région de Tata et le Tafilalt (vallée du Ziz) semblent parmi les zones les plus touchées par les problèmes d'ensablement dus à l'érosion éolienne [28]. Cette érosion y est favorisée par une instabilité géomorphologique liée à des substrats peu cohérents et des sols peu évolués, d'une part, et à des fluctuations climatiques combinées avec une action anthropique, d'autre part [28]. Des études réalisées dans la région montrent que l'érosion spécifique est supérieure à 6 m³/ha/an dans la vallée du Ziz et qu'elle avoisine 5,8 m³/ha/an dans la vallée moyenne de Drâa [28], ce qui se traduit par une avancée des sables dunaires dans les oasis de Ziz et Tafilalt dont 60 % de la superficie est

exposée à ce phénomène. Ainsi, l'ensablement touche 30 000 hectares dans les provinces de Ouarzazate et Zagora et 250 000 hectares dans la province d'Errachidia [11]. On estime à 155 hectares la perte en terres de culture dans ces trois provinces entre 1960 et 1986, alors que d'autres estimations avancent un chiffre, plus élevé, de 208 hectares uniquement pour la palmeraie de Tafilalt [11]. Dans cette dernière région, l'ensablement constitue un phénomène permanent qui touche surtout les palmeraies de Hanabou, El Krair, Sifa et Tizimi [29]. Les dépôts de sable y constituent des dunes de 4 m de hauteur, et des cordons dunaires, qui passent à l'intérieur des palmeraies sous forme de pellicules de quelques centimètres (photo 4). Ils correspondent aux principales directions des vents : l'une venant du sud-ouest, l'autre du nord-est. La progression moyenne des dunes est de 10 à 15 m/an.

Facteurs de dégradation de l'environnement

Contraintes naturelles

La superficie boisée, qui ne représente que 8 % du territoire national, reste faible par rapport à la norme (15 à 20 %) nécessaire au maintien de l'équilibre écologique et environnemental [9] (figure 3). Ainsi, le captage de CO₂ par les forêts est faible et ne dépasse guère les 14 %, ce qui se traduit par des problèmes de pollution atmosphérique surtout dans les villes à forte concentration humaine ou industrielle (Casablanca, Safi et Mohammadia) [13]. À titre comparatif, la superficie boisée représente 25 % du territoire en Espagne, 33 % au Portugal et 35 % en Grèce.

Bien qu'il joue un rôle économique important, le secteur agricole reste confronté à des problèmes d'ordre structurel (aménagement des terres et structures foncières) et d'ordre naturel. En effet, malgré sa large ouverture sur l'Atlantique et la Méditerranée, le Maroc est soumis aux influences continentales et sahariennes qui lui imposent une aridité croissante du nord au sud et de l'ouest vers l'est. Cette aridité, qui concerne près de 93 % du territoire (78 % de la superficie totale sont situés dans le bioclimat aride et saharien, et 15 % dans le bioclimat semi-aride), est accentuée par une variabilité annuelle et interannuelle des pluies qui touche la plupart des régions. Ainsi, les zones arides et semi-arides (200 à 400 mm de pluviométrie annuelle) couvrent 87 % des terres arables, abritent environ 50 % de la population, et sont caractérisées par des condi-

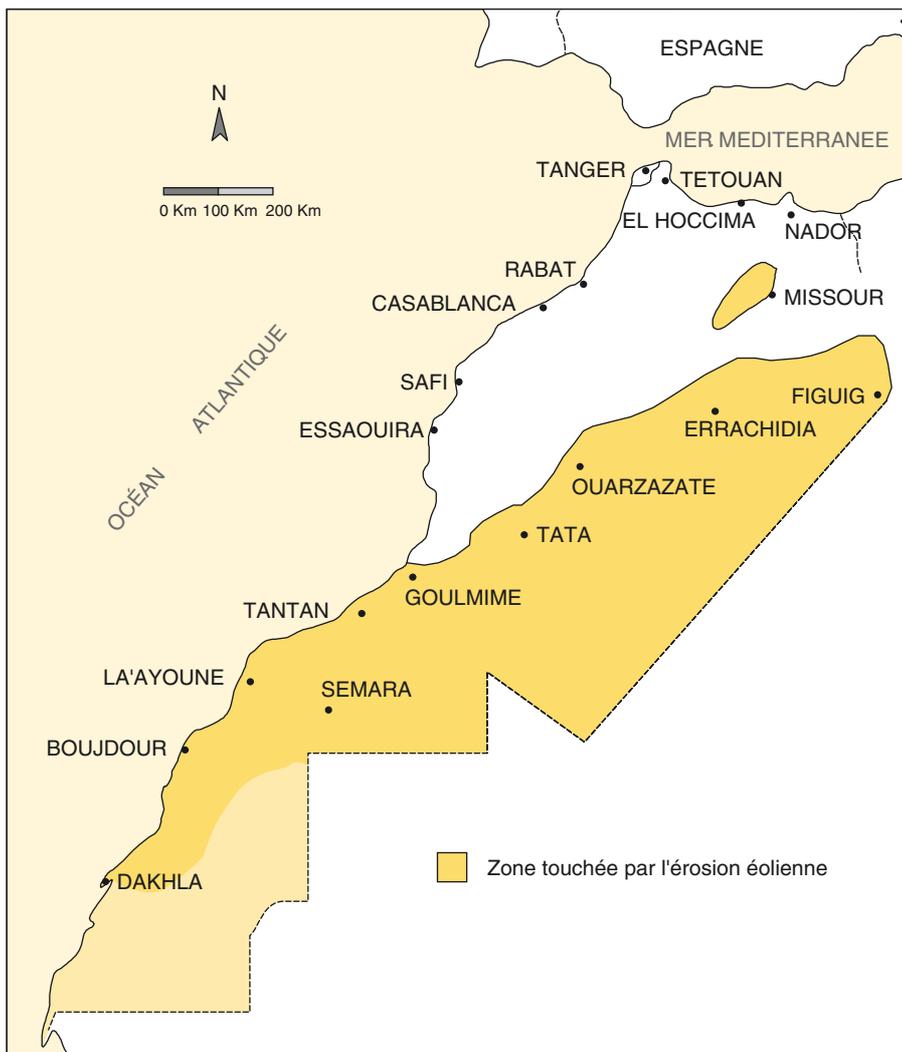


Figure 2. Carte donnant la répartition approximative des zones touchées par l'érosion éolienne et l'ensablement au Maroc.

(sources : [28] et <http://www.isecco.org.ma/pub/fr/ensablement/ensablement.htm>).

tions hydriques défavorables, souvent aggravées par les régimes thermiques. Les sols, généralement peu profonds, subissent une forte érosion. Les activités agricoles s'appuient pour une bonne part sur des techniques traditionnelles [30]. Ces zones couvrent de grandes surfaces dans le nord-est [18, 31], les hauts plateaux et la vallée de la Moulouya [32], le centre-ouest et le sud-ouest, dans la région du Souss [33] et le sud-est dans les vallées de Drâa et du Ziz [28]. Tout cela a pour corollaire la réduction des terres agricoles, dont la surface utilisée ne représente que 12 % de la surface du territoire national [11]. Seuls 13 % de cette surface sont mis en valeur sous irrigation [11], alors que les 87 % restants sont cultivés en bours (non irrigués) et demeurent soumis à des conditions climatiques très aléatoires, marqués par des précipitations irrégulières et par des sécheresses imprévisibles. Durant la

période de 1983 à 1997, le Maroc a connu huit années de sécheresse plus ou moins prononcée, dont trois années au cours de la période 1993-1997 [34]. Selon les prévisions, il y a une tendance à la réduction du volume annuel des précipitations de l'ordre de 4 % en 2020 par rapport à l'an 2000, avec une nette tendance au réchauffement de l'ordre de 0,7 à 1 °C [35]. De plus, l'extension des sols fragiles et sensibles aux phénomènes d'érosion, de salinité et d'alcalinité ne fait qu'accroître les problèmes [15].

Des actions anthropiques de plus en plus menaçantes

- La pression démographique

La population marocaine a connu une augmentation notable depuis 1960. Elle est passée de 11,6 millions d'habitants en 1960 à 15,4 millions en 1971, puis à

20,4 millions en 1982 pour atteindre plus de 26 millions en 1994 [36]. Cela a créé une réelle pression démographique, causant une occupation de plus en plus importante de l'espace, responsable de plusieurs formes de dégradation :

- apparition du décapage superficiel (photo 5) et du ruissellement (photo 6) sur les terres les plus récemment défrichées ;
- entretien et aggravation des processus de solifluxion (photo 7) et de ravinement (photo 8), particulièrement repérables le long des routes et des pistes ou en bordure des chemins utilisés par les troupeaux dans leur migration journalière [38] ;
- réduction de la couche arable des sols suite à la mise en culture de sols sableux en zones de déflation élevée [28] ;
- disparition, ou du moins régression, des espèces végétales les plus appréciées par les troupeaux qui pâturent durant presque toute l'année, tel est le cas des pays pré-rifains [18].

De même, les changements dans le mode d'habitat et d'occupation de l'espace rural engendrent des modifications affectant les systèmes fonciers et l'utilisation quantitative et qualitative des ressources naturelles [32, 39-42]. Ainsi, l'action anthropique a ouvert les massifs montagneux et collinaires rifains et pré-rifains à la dégradation de l'environnement en délimitant les espaces forestiers et en incendiant les fruticées [18]. De même, la sédentarisation très ancienne de l'homme y a largement modifié les composantes de l'environnement naturel et s'est traduite par une éradication quasi totale de la végétation naturelle et par l'extension des conquêtes agraires [41, 42]. Dans cette montagne, l'action anthropique fût accentuée par la dépossession des paysans pendant la période coloniale, ce qui fut à l'origine de vastes opérations de défrichement des secteurs marginaux à fortes pentes et des massifs forestiers [43]. L'augmentation rapide de la population entraîna la conquête de nouvelles terres par des défrichements qui ont gagné même les lignes de crêtes (à plus de 1 300 m d'altitude parfois) et les étroites vallées de la montagne de l'ouest, aux dépens des maigres boisements et du *matorral* (formation de végétaux ligneux n'excédant pas 3 m de hauteur) [38, 42]. La régression du *matorral* au profit de la culture sur pentes fortes des céréales a touché environ 15 % de la superficie du bassin Telata (Rif occidental) en 20 ans, et l'a rendu très vulnérable à l'action érosive du ruissellement [20].

Dans le Moyen-Atlas, la pression humaine a entraîné le surpâturage dans les écosystèmes sylvo-pastoraux, suite à la réduction des superficies des terrains de parcours



Photo 4. Ensablement de la palmeraie de Ouarzazate (vallée du Drâa) par formation de dunes de sable en dôme présentant de larges ripple marks au premier plan

(source : laboratoire de géomorphologie et de télédétection, université de Liège ; <http://phypc9.geo.ulg.ac.be/nouveau/draa/draa.html>).

[17]. Il en était de même dans la moyenne Moulouya, où plusieurs terrains de parcours ont été perdus au profit de l'extension rapide des cultures bour, d'une part, et à cause des politiques de régionalisation, d'autre part [32]. Dans ce cas, il est à noter que depuis les années 1970, les contraintes naturelles ont créé des bouleversements dans la zone steppique à vocation pastorale nomade et dans les chapelets d'oasis du Maroc oriental [32].

• Le surpâturage

L'empreinte de l'élevage est perceptible un peu partout dans les différentes régions du pays. Héritage d'un passé où l'élevage extensif constituait un élément principal du système économique traditionnel et où l'espace non cultivé était plus étendu, favorisant ainsi la vraie pâture pour des troupeaux nombreux et variés. Actuellement, les parcours sont, en général, incapables de répondre aux besoins du cheptel. Ainsi, sur 32 millions d'hectares de parcours permanents que compte le pays (forêts comprises), 8 millions d'hectares sont fortement dégradés, et seuls 4 millions sont faiblement dégradés et produisent en moyenne 90 unités fourragères (UF)/ha/an. Les parcours moyennement dégradés produisent environ 68 UF/ha/an et subissent une réduction de rendement d'environ 25 %, alors que les parcours fortement dégradés ne produisent que 50 UF/ha/an et que leur productivité est réduite de 45 % [44]. Dans la zone aride, la dégradation est corrélée avec une charge animale excessive, tandis qu'en

zones semi-arides c'est la pression humaine qui est le principal facteur de dégradation, par restriction des superficies (mise en culture des terres) et par excès de prélèvement de bois.

Dans les montagnes du pré-Rif la charge pastorale reste toujours préoccupante quant à ses conséquences sur la dégradation des milieux malgré la diminution du cheptel. La composition des troupeaux montre une prédominance écrasante du petit bétail, plus particulièrement les ovins qui occupent environ 82 % de l'effectif des troupeaux. La charge pastorale exprimée en UGB¹/km² atteint en moyenne 22 têtes/km² [41]. Dans cette région, les troupeaux sont de plus en plus concentrés dans les espaces très réduits exerçant une forte pression sur le milieu. Les enquêtes et les observations faites sur le terrain montrent que l'impact du surpâturage sur les sols est important. Il reste cependant tributaire de leurs caractéristiques texturales ainsi que leur état de surface qui varie d'une saison à une autre.

En saison humide, le passage des troupeaux entraîne nécessairement un tassement superficiel des sols, dont l'ampleur varie selon la proportion des éléments fins, notamment des argiles, qu'ils contiennent. Il reste excessif sur les vertisols développés sur les marnes miocènes et relativement fort sur les sols calcimagnésiques issus des marno-calcaires. Cela a pour effet de

¹ UGB : unité de grand bétail.

réduire la capacité d'infiltration et de favoriser le ruissellement.

En saison sèche, dont la durée peut aller de 4 à 7 mois, le piétinement exercé par les animaux a pour effet d'accentuer la pulvérisation et la désagrégation des niveaux superficiels des sols. Ce phénomène est d'autant plus important que les terrains sont pentus. Il contribue amplement à la préparation du matériel, tout d'abord pour l'érosion éolienne très active au moment des vents de chergui, et ensuite, pour l'érosion hydrique qui se manifeste dès les premières pluies d'automne que les sols reçoivent de plein fouet.

Par ailleurs, les terrassettes de surpâturage constituent un autre aspect de l'impact de la charge pastorale sur les milieux pré-rifains. De multiples portions de versants taillés dans les marnes ou marno-calcaires miocènes sont modelés en terrassettes qui prennent des formes cellulaires où de nombreux sentiers se croisent dans tous les sens, plus particulièrement sur des versants d'exposition au nord à pente forte (> 35 %). Les eaux de ruissellement se concentrent généralement au niveau des terrassettes et suivent leur ligne de direction pour donner, là où elles s'accumulent, des formes spectaculaires de ravinement en contrebas des versants. Les multiples chemins et sentiers empruntés quotidiennement par les troupeaux constituent, de leur côté, un facteur de concentration du ruissellement et de mise en place de diverses formes d'incision linéaire.

Au Sahel Doukkala-Abda, la végétation ligneuse naturelle a presque entièrement disparu suite à la pression anthropozogène. Le tapis végétal des parcours dont plus de 90 % sont des ermes, encore subsistants grâce à l'existence d'une dalle rocheuse de grès calcaire, montre une importante avancée de la désertification [45]. De même, dans le sud-ouest, le surpâturage et les mouvements de transhumance ont causé la perte de nombreuses espèces de légumineuses fourragères et graminées [33]. En effet, 1 600 taxons végétaux ont été qualifiés de rares ou menacés d'extinction [11], parmi lesquels on cite, à titre d'exemple, le cèdre de l'Atlas, le thuya, l'arganier, le romarin et le thym. Cette diminution du couvert végétal expose les sols à une érosion éolienne intense. De plus, le pâturage prolongé contribue à la disparition d'espèces appâtées et à la domination d'autres espèces, moins appâtées, de plantes herbacées ou de broussaille. Il cause ainsi la dégradation des écosystèmes forestiers en empêchant la régénération naturelle des peuplements sylvatiques et steppiques suite au broutage et au piétinement des semis [46]. La régénération après de telles pertes de

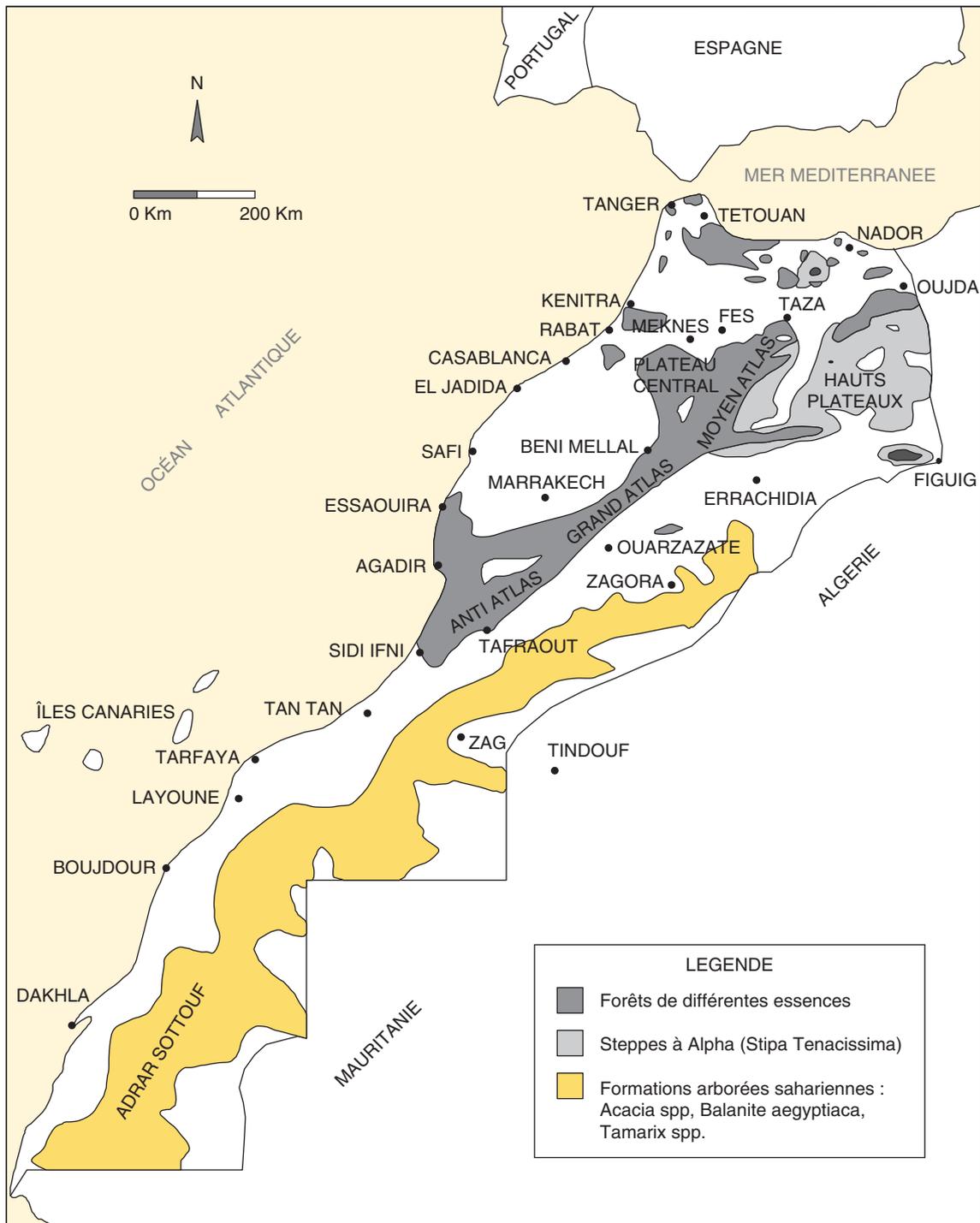


Figure 3. Carte de répartition des forêts et des steppes à alfa au Maroc (d'après [46] (modifié)).

diversité végétale, et par conséquent, de diversité animale est très difficile. Il convient de signaler que le cheptel utilisant les forêts comme parcours s'élève à plus de 10 millions de têtes (5 320 000 ovins, 4 059 000 caprins et 732 000 bovins), soit 45 % du cheptel national. Ce cheptel utilise environ 3,4 milliards d'unités fourragères, dont 1,5 milliard sont fournis par la forêt elle-même et le reste en

partie par les herbacées et les résidus de cultures des terrains péforrestiers. À l'est et au sud-est du Maroc, comme d'ailleurs dans le pré-Rif, le couvert végétal et le sol ont été largement touchés par les mutations sociospatiales. Ainsi, la sédentarisation des populations conduit à la surcharge pastorale sur des surfaces de plus en plus réduites et provoque une dégradation accélérée du milieu naturel

[47] ; notamment par compactage des sols, ce qui réduit la capacité d'infiltration d'eau et la fertilité des terres dont l'exposition à l'érosion hydrique et à la déflation due aux vents augmente.

- Utilisation de pratiques et/ou de techniques inappropriées
- La mise en culture des terrains fragiles en forte pente, le creusement de tranchées et



Photo 5. Décapage superficiel intense, montrant une absence totale de la végétation naturelle, sur un versant marno-calcaire, exposé au sud, de la nappe d'Ouezzane (rive droite de la vallée de l'O. Garzine, pré-Rif central) [37].

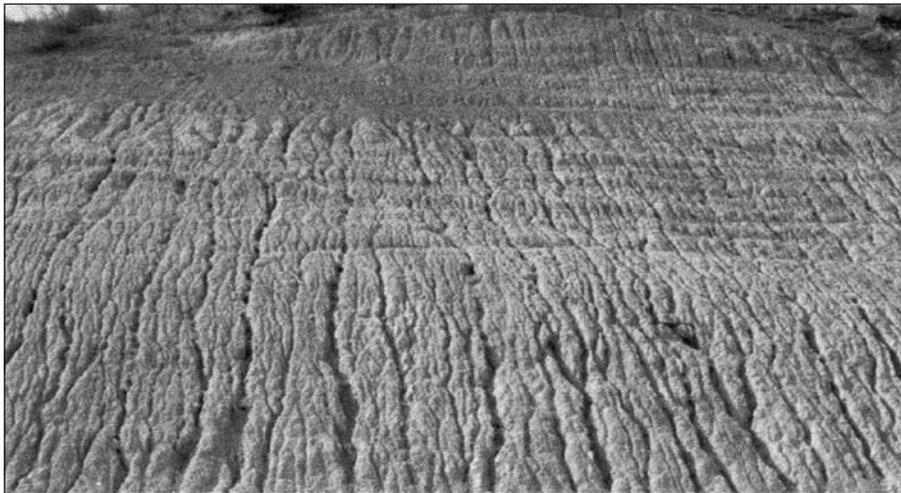


Photo 6. Réseau dense de rigoles (petits sillons parallèles d'environ 20 cm de profondeur) sur un versant marneux d'exposition sud-ouest, mis en place après des pluies délugiennes à forte intensité (bassin-versant de l'oued Garzine, pré-Rif central) [37].

de banquettes, le labour dans le sens de la pente, et bien d'autres pratiques inappropriées, créent un déséquilibre et causent une dégradation du patrimoine écologique. Tel est le cas du pré-Rif [31, 41]. Ensuite, l'abandon des terres et des parcours, à l'origine défrichés et aménagés pour répondre à l'extension importante de la céréaliculture, peut accentuer le processus d'érosion. Ainsi, la suppression de la jachère dans bon nombre de petites exploitations prive les sols d'un repos nécessaire à leur stabilité. Cependant, la pratique de la jachère ne reste pas sans effets négatifs ; elle favorise, lorsqu'elle persiste sur de longues périodes, de grands coefficients de ruissellement notamment sur les terrains fortement pentus, du pré-Rif oriental [41]. Les terrains à jachère périodique prolifèrent involontairement dans les secteurs touchés par l'exode. La

dégradation structurale de surface y est très poussée, réduisant au maximum la capacité d'infiltration. Leur compactage superficiel, qui s'accroît avec le temps, contrôle pour une bonne part la nature des écoulements. Les pertes en terres, qui sont occasionnellement faibles par rapport aux terrains travaillés, enregistrent des taux annuels plus élevés en raison de la forte fréquence des ruissellements tout au long de l'année. Les processus de ravinement sont très fréquents en automne. Ils deviennent d'autant plus graves que les terrains sont pentus et restent plus spectaculaires dans les secteurs où la jachère annuelle ou périodique cède la place à la friche définitive.

De même, la mise en culture de sols sableux sensibles à l'érosion - dans des zones fragiles où la déflation éolienne est très active - réduit la couche fertile des sols,

comme dans les vallées du Drâa et du Ziz, par exemple [28]. De plus, certaines pratiques culturales, telle l'utilisation de tracteurs, à charrues polydisque, entraînent l'émiettement et la pulvérisation des sols sableux, d'une part, et la destruction totale de la végétation, d'autre part, favorisant ainsi l'érosion [28]. La volonté d'intégrer l'économie de marché a conduit les populations des vallées de Drâa et du Ziz à multiplier le nombre de palmiers dattiers, ce qui a augmenté la rugosité et l'imperméabilité aux courants éoliens des rubans de palmiers, et a causé un dépôt de sable à leur niveau [28, 48].

De même, les modes d'arrachage anarchique des espèces ligneuses pour l'obtention du bois de feu, des graminées pour l'alimentation du bétail, des xérophytes épineux pour l'usage artisanal et des espèces aromatiques pour les utilisations riveraines, contribuent à la destruction de la couverture végétale. Ces pratiques entraînent la disparition presque totale de certaines espèces végétales, telles que *Panicum turgidum* et *Acacia raddiana* dans les vallées de Drâa et du Ziz d'une part [28], et provoquent l'appauvrissement des sols en terre fine et leur exposition à l'érosion pluviale et éolienne, d'autre part [49]. Ainsi, l'application des techniques de coupes rases, de coupes d'éclaircis et de traitement du taillis simple et de la futaie régulière a largement perturbé les écosystèmes forestiers du Rif, du Moyen-Atlas [17], et du Haut-Atlas [49]. La suppression de feuillus, suite aux coupes rases, expose le sol à l'érosion hydrique et éolienne qui le dégarne de tous ses éléments fins, donnant ainsi un sol rocailleux qui n'arrive plus à emmagasiner l'eau en perdant ses capacités de rétention [17].

Par ailleurs, l'édification de certains barrages comme Hassan Eddakhil sur l'oued Ziz et Mansour Eddahbi sur l'oued Drâa, et la multiplication des stations de pompes ont introduit des perturbations dans la dynamique des nappes qui assurent l'humidification des sables et leur fixation dans les vallées du Drâa et du Ziz [28]. Le niveau moyen des puits est alors passé de 10,26 m en 1980 à 13,39 m en 1990 dans ces vallées.

- Un essor urbain sans précédent

La population marocaine, traditionnellement rurale, vient de franchir la barre symbolique de 50 % de citadins suite à un exode massif. Le pourcentage des citadins, qui était de 29,2 % en 1960, n'a cessé d'augmenter (35,2 % en 1971 ; 42,8 % en 1982 et 51,4 % en 1994) [36]. Cela a créé un déséquilibre démographique et social conduisant à l'extension des espaces urbains aux dépens des terres arables et à la perte d'une grande partie des terres fertiles. Ainsi, l'occupa-

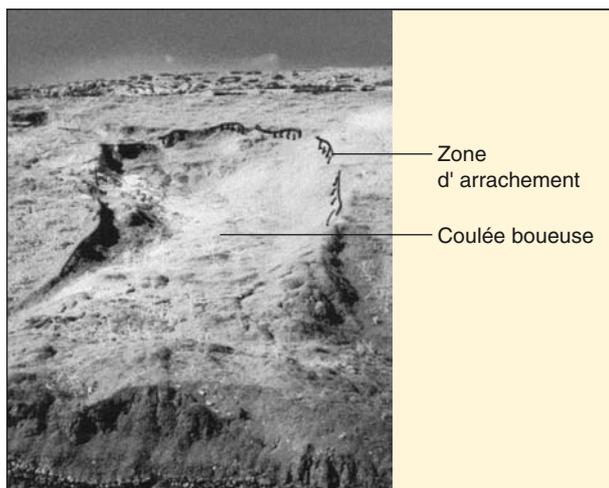


Photo 7. Coulée de solifluxion sur un versant marno-calcaire du pré-Rif central. Elle s'étend sur environ 50 m, laissant apparaître une zone d'arrachement bien nette. Sa mise en place est étroitement liée à l'appel au vide favorisé par la présence d'une chaussée en contre-bas [37].



Photo 8. Paysage de bad lands (forme ultime de ravinement généralisé) sur des marnes miocènes du pré-Rif oriental. Leur évolution rapide menace les terres de culture avoisinantes, et les quantités de sédiments évacués y sont excessive (cliché : A. Tribak, 1993).

tion des sols, dans la région du Gharb, par les périmètres urbains et ruraux était en 1982 de 3,7 % de la surface agricole utile (SAU) et 5,8 % de la superficie irrigable. L'occupation prévue pour l'an 2000 était de 4,76 % de la SAU (soit près de 18 470 hectares) et de 7,4 % de la superficie irrigable (soit 18 500 hectares) [50]. La disparition complète de ceintures vertes autour de certaines villes marocaines (Fès, Kénitra, Meknès, Marrakech, etc.) reflète le manque de coordination entre l'agriculture et l'urbanisme. À titre d'exemple, le périmètre urbain de la ville de Fès, qui ne dépassait guère les 200 hectares au début du XX^e siècle, a atteint 1 628 hectares en 1948 puis 3 878 hectares en

1960, principalement aux dépens des terres fertiles de la plaine de Saïss [51]. Selon le schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme (SDAU), la superficie urbanisée de cette ville passerait de 6 550 hectares en 1985 à 9 300 hectares à l'horizon de 2010 [52].

- Le déboisement

Comme il a été déjà mentionné, les écosystèmes forestiers marocains souffrent essentiellement du prélèvement du bois de feu et du défrichement pratiqués par les populations riveraines au profit des extensions de culture. Rappelons que les forêts naturelles perdent chaque année plus de

31 000 hectares [9, 14]. Cette perte est répartie comme suit :

- 4 500 à 6 000 ha/an de défrichements pour la recherche de nouvelles terres de culture ;
- 22 000 à 25 000 ha/an correspondant à une récolte incontrôlée de bois de feu dépassant la capacité productive de la forêt (11 millions de m³ sur une production potentielle de 3 millions de m³) ;
- 2 500 à 3 000 ha/an de forêts et de nappes alfatières de pertes suite aux incendies ;
- 1 000 ha/an de soustraction en terres diverses [11, 14].

Ces dégâts sont aggravés par le surpâturage qui compromet la régénération des peuplements forestiers, par les ravageurs (en particulier le *Bombyx disparate* et la chenille processionnaire), par la sécheresse ainsi que par les insuffisances inhérentes aux modes d'aménagement et de gestion [10]. En effet, l'offre forestière ne couvre que 25 % de la demande en bois de feu, le déficit étant comblé par des prélèvements illicites qui se traduisent par une dégradation des formations forestières (cas de la région du Gharb pour le bois de feu et d'industrie et de celle d'Essaouira pour le bois de thuya). En plus, l'absence d'équilibre entre la charge réelle des troupeaux (estimée à 10 millions de têtes) et la possibilité pastorale des massifs forestiers (représentant environ 40 % du parcours naturel) se traduit par le surpâturage, le tassement des sols, l'absence de régénération, le vieillissement des boisements, cette charge étant de 3 à 5 fois plus élevée selon les forêts et les régions.

La subéraie de la Maâmora a régressé de 133 000 à 55 000 hectares, principalement à cause de la forte pression anthropozogène combinée à l'application de plans d'aménagement impropres aux structures normales de fonctionnement et de pérennisation de cet écosystème du chêne-liège, ce qui a profondément perturbé sa structure, son fonctionnement et sa productivité [17, 50]. Ainsi, cet écosystème qui couvrait 76 % de la superficie de la forêt en 1951, a régressé à 65 % en 1972, puis à 45 % en 1992, suite à l'application de plans de reboisements favorisant d'autres espèces au détriment du chêne-liège [53]. En effet, les plantations d'*Eucalyptus* réalisées sur les terrains hérités des forêts de chêne-liège, n'ont pu réussir qu'à très court terme. Destinés à produire 100 000 t/an de pâte à papier, leur productivité a nettement diminué, à partir de la troisième rotation des coupes, à cause de l'épuisement du sol.

- Des modes d'irrigation souvent mal appropriés

L'utilisation irrationnelle de l'eau peut causer la dégradation, ou même parfois la

stérilisation, des terres. En effet, l'utilisation de fortes doses d'eau associée à une déficience du système de drainage peut transformer les terres de culture en véritables déserts :

- Une irrigation mal conduite peut empêcher l'infiltration de l'eau suite à la diminution de porosité par gonflement des particules argileuses du sol, surtout si le sol est trop sec, encroûté ou susceptible à la prise en masse.

- Une irrigation excessive cause la stagnation d'une grande partie d'eau ou son ruissellement le long des pentes. L'eau stagnante s'évapore laissant un dépôt des sels qu'elle contient, favorisant une salinisation des sols qui deviennent progressivement incultes et parfois abandonnés, surtout dans les régions arides et semi-arides. Par ailleurs, le ruissellement favorise l'érosion des sols secs et cause l'asphyxie des racines dans les sols trop imbibés.

Les phénomènes de salinité sont observés dans certains périmètres irrigués sur près de 40 000 hectares. Cela incite à une grande vigilance, sachant que le Maroc dispose de 890 000 hectares irrigués de façon pérenne sur un potentiel irrigable de 1 350 000 hectares [24].

Il faut également signaler qu'un développement anarchique des pompages privés a conduit à un épuisement inquiétant des ressources en eau souterraine, surtout dans les plaines du Souss-Massa et du Haouz et certaines zones côtières, comme c'est le cas dans la région de Doukkala. Dans cette dernière région, la régression de la nappe phréatique est estimée entre 5 et 20 m à partir de 1970, avec des moyennes annuelles de 0,3 à 1,1 m. Les fortes valeurs sont enregistrées à proximité de l'Oued Faragh ainsi qu'à Sidi Smail et Sidi Bennour. Cette régression de la nappe, due à une exploitation anarchique et irrégulière, a favorisé une forte intrusion marine qui a eu pour effet d'accentuer la salinité des eaux de la nappe comme c'est le cas entre Bir Jdid et Azemmour où elle peut atteindre 6 g/L (cas de Douar Msâada à proximité de Bir Jdid) [54]. Ainsi, l'existence même de certaines exploitations agricoles comme dans le secteur d'El Guerdane, dans le Souss [11] se retrouve-t-elle mise en cause.

Enfin, la réutilisation des eaux usées, en agriculture, engendre des risques à la fois sanitaires et écologiques. En effet, en plus des germes pathogènes et des parasites [55], ces eaux charrient beaucoup de micropolluants chimiques, dont les métaux lourds [56]. Ces derniers provoquent la contamination à la fois des cultures et des sols constituant un véritable danger pour l'environnement [56, 57].

Actions édaphoclimatiques

• Action du ruissellement

L'érosion des sols, déterminée par les conditions topographiques, lithologiques et hydroclimatiques, est accélérée par l'action anthropique. Cette dernière libère les potentialités d'érosion liées aux conditions climatiques et morpholithologiques. En effet, le défrichement de la végétation accentue l'érosion qui se traduit par la perte d'énormes quantités de matières solides arrachées aux sols et transportées par ruissellement jusqu'au cours d'eau. Cela entraîne la dégradation de la qualité de l'eau et l'envasement des infrastructures hydrauliques [15]. Ainsi, la sensibilité du sol aux fortes intensités de précipitation et la destruction de son couvert végétal peuvent engendrer une perte considérable des terres qui sont emportées par ruissellement. Certes, les pluies intenses causent, soit la destruction ou la désintégration d'agrégats du sol, soit l'arrachement de particules et leur déplacement par l'eau qui coule ou ruisselle sur la surface. En effet, les gouttes de pluies brisent les motes et projettent les particules du sol à distance selon leur intensité, leur énergie cinétique et la fragilité du couvert végétal. Ces particules sont piégées dans la trame grossière après leur retour au sol, ce qui aboutit au colmatage et au lissage des griffures et des rigoles, diminuant ainsi l'infiltration de l'eau et favorisant le ruissellement. De même, lorsque la quantité de pluie dépasse la capacité d'infiltration du substrat, le ruissellement se déclenche avec une ampleur variable selon la vitesse de saturation du sol, la pente, le taux de couverture végétale.

Il s'avère donc que l'érosion hydrique touche surtout les formations superficielles issues de la désagrégation physique, notamment suite à des précipitations peu nombreuses et espacées mais violentes. Au Maroc, elle va du simple ruissellement jusqu'au sapement des berges, [18, 31, 41, 58] comme c'est le cas dans la plupart des bassins-versants du Rif.

L'agressivité du climat se traduit par des irrégularités interannuelles et des variations saisonnières importantes de la pluviométrie. En effet, les abats d'eau sont généralement brutaux et l'essentiel des pluies se concentre sur quelques jours de la saison humide (hiver). De plus, le caractère brusque et violent des pluies ou des averses leur confère des potentialités très élevées d'érosion, par leur incidence sur la capacité d'ablation et de transport au niveau du réseau hydrographique. Un exemple démonstratif est à signaler. Il s'agit d'une grosse averse qui, le 27 septembre 1997, a déversé sur le pré-Rif oriental, une quantité d'eau de 68 mm en

40 mn seulement, soit une intensité moyenne de 102 mm/h [43].

Les écarts thermiques et leurs extrêmes, favorisent la dessiccation des sols et le tarissement des sources et des réserves hydriques, ce qui peut entraîner la prise en masse dans les sols argileux (favorisant la concentration des eaux de ruissellement suite à la compaction) et la pulvérisation des sols limoneux (favorisant le détachement et l'entraînement de ces particules suite à la désagrégation granulaire). De plus, les alternances d'humectation/dessiccation fragilisent la roche (surtout si elle est riche en argiles) par destruction de la cohésion des agrégats.

• Érosion éolienne

Dans les régions arides, le vent agit à la fois sur le relief et sur la croissance végétale. La destruction du couvert végétal expose le sol aux effets desséchants d'un vent chaud et sec causant parfois des tempêtes de poussière et la formation de dunes de sable.

Le Maroc présaharien et saharien dispose de toutes les conditions favorisant une érosion éolienne active. Elle agit principalement dans le sud-est par une déflation directe des substrats meubles (sols sableux ou sablo-limoneux, dépôts alluviaux, dépressions hydroéoliennes) et par un vannage de la fraction fine des sables dunaires et fluviales. En effet, on note l'existence d'une station à déflation sévère à Rissani (avec un pouvoir de déflation de 32,5), de stations à déflation moyenne à Zagora, Tagounite, Erfoud et Taghbalt et de stations à faible déflation à Ouarzazate et Errachidia.

Les vents venant du sud (chergui et sirocco) menacent en permanence la basse vallée du Drâa (2 300 000 hectares), le Tafilalt (700 000 hectares) et la plaine irriguée du Souss-Massa. Dans la vallée moyenne du Drâa et dans le Tafilalt (vallée du Ziz), de vastes étendues de sable, allant de minces plaquages jusqu'à des dunes de plusieurs mètres de hauteur, sont mises en mouvement par le vent [28], entraînant la remise à vif de certaines zones stabilisées, par des aires de transport de sable et des aires de dépôts ou d'invasissement sableux.

L'exploitation non contrôlée des dunes côtières consolidées entraîne un décapage du sol superficiel et crée des couloirs favorisant les processus d'ensablement, mettant en péril l'infrastructure routière et les terres agricoles voisines [11]. Ce phénomène menace, par exemple, la zone côtière allant de Kénitra à Moulay Boussehham, ainsi que celle bordant les plaines de Doukkala et Abda jusqu'à Essaouira.

• Les feux de forêts

Ils détruisent près de 3 000 ha/an de forêts et de nappes alfatières. Leur gravité varie selon les espèces. La région Nord-Ouest est la plus touchée, avec une perte d'environ 1 185 ha/an suivie par la région de l'Oriental avec une perte moyenne de 500 ha/an.

Les feux de forêts deviennent plus fréquents et plus étendus suite à la conjugaison de conditions atmosphériques défavorables et d'une utilisation irrationnelle des terres qui rendent les régions vulnérables plus sensibles aux incendies [6]. Ainsi, la superficie moyenne parcourue par le feu qui n'était que de 1 883 ha/an, au cours de la période 1960-1969, est passée à 2 960 ha/an entre 1970 et 1979 (soit une augmentation de 57 %) puis à 3 138 ha/an durant la période 1980-1990, pour atteindre 4 503 ha/an entre 1990-1995 (soit une augmentation de 43 % par rapport à la période 1980-1990 et de 140 % par rapport à 1960-1969). En raison de la sécheresse, la superficie ravagée par le feu en 1995 a atteint 6 824 hectares dont 5 800 hectares concernent la région du Rif occidental. En 2000, plus de 200 hectares de forêts de chêne ont été ravagés dans la région de Chefchaouen (nord-ouest recouvert de 305 400 hectares de forêts de chêne) durant la première semaine du mois d'août, seulement. Plusieurs hectares ont été également touchés dans la région de Nador (nord-est), de Guercif (est) et Bab Berred (nord) durant la même période [59].

Programmes de lutte contre la dégradation de l'environnement

Ayant pris conscience de l'étendue du fléau qui menace ses ressources naturelles, le Maroc a adopté différents projets de lois et a signé plusieurs conventions internationales pour la protection de l'environnement, en particulier la Convention internationale de lutte contre la désertification (signée en 1994 et ratifiée en 1996).

Il a aussi élaboré et mis en œuvre durant les dernières années plusieurs plans d'aménagement et programmes nationaux touchant les domaines clés du développement agricole, parmi lesquels on peut citer :

- le Plan national de lutte contre la désertification (1986) ;
- le Programme national des irrigations (1993), qui restructure et renforce la politique de mobilisation de l'eau, prioritaire depuis les années 1960, et qui vise l'irrigation de 1 200 000 hectares ;

– le Plan directeur de gestion conservatoire des terres pluviales (1994) ;

– le Plan national d'aménagement des bassins-versants (1994) ;

– le Plan directeur de reboisement (1997), qui vise la protection de près de 500 000 hectares de terrains soumis aux risques de l'érosion hydrique, et la stabilisation de 31 000 hectares de dunes littorales et continentales menaçant les terres de culture et les infrastructures [14, 60] ;

– la Stratégie d'aménagement des terrains de parcours visant à améliorer les parcours en introduisant des espèces pastorales herbacées ou arbustives, prometteuses et performantes, à mettre en repos la végétation naturelle, et à rationaliser l'élevage [14, 60].

Certains programmes ont donné de bons résultats :

– la mobilisation de 60 % du potentiel des ressources en eau, soit près de 11 milliards de m³ d'eau superficielle et 2,7 milliards de m³ d'eau souterraine ;

– l'irrigation de façon pérenne de 1 200 000 hectares [60] ;

– la plantation de 95 000 hectares de plantes pastorales, dont près de 3 000 hectares d'*Atriplex* [59] ;

– la stabilisation de plus de 31 000 hectares de dunes maritimes et de plus de 1 900 hectares de dunes continentales, protégeant ainsi plusieurs villes et infrastructures socio-économiques contre l'ensablement [60, 61] ;

– la préservation de 8 500 hectares de palmeraies [61] ;

– la délimitation de près de 4 165 000 hectares de forêts et de 300 000 hectares de nappes alfatières, et le reboisement de près de 530 000 hectares [60, 61] ;

– les traitements antiérosifs sur 500 000 hectares [60, 61] ;

– la création et l'aménagement de trois parcs nationaux sur une superficie de 83 000 hectares [61].

Toutefois, certaines tentatives d'aménagement ont été vouées à l'échec à cause de l'inadaptation des techniques utilisées aux conditions physiques du milieu, et de l'incompatibilité des programmes avec l'économie et le choix des populations locales [24, 42]. D'où la nécessité d'intégrer dans les programmes de lutte anti-érosive les caractéristiques physiques et socio-économiques du milieu, pour essayer de composer avec l'amélioration de la production et la protection des ressources naturelles.

Conclusion

Au terme de cette synthèse, on peut constater que l'augmentation des besoins alimen-

taires, suite à la surpopulation, entraîne une surexploitation des ressources naturelles, ce qui se traduit par l'utilisation des terres marginales, dont les parcours et les forêts, comme terres de culture, ainsi que par l'intensification des techniques d'exploitation des terres utilisant souvent des outils peu appropriés et mobilisant de fortes doses d'eau pour l'irrigation. Cette surexploitation des ressources du sol génère des problèmes de dégradation physique (compaction et perte irréversible de la structure des sols, érosion éolienne et hydrique suite à l'exploitation des terrains en pente et à la mise en culture des terrains de parcours), et de détérioration de la qualité chimique (salinisation suite à l'irrigation, accumulation des métaux lourds suite à la réutilisation des eaux usées) [56, 57]. De plus, le rétrécissement des aires de pâturage, la détérioration des infrastructures agricoles, la diminution des capacités de rétention des barrages et donc du potentiel d'irrigation, accélèrent le processus de désertification.

Par ailleurs, la forêt marocaine, actuellement fragile, a besoin d'être protégée car elle présente de nombreux atouts en rapport avec sa grande diversité biologique et son impact sur l'équilibre socio-économique du pays. Outre son importance économique directe, elle contribue à l'économie nationale par sa capacité de protection de la biodiversité, des ressources en eau et des sols contre l'érosion et la désertification. Elle joue, en outre, un rôle social en offrant des espaces récréatifs et éducatifs de plus en plus sollicités pour l'épanouissement de la société. D'où le grand intérêt des actions d'aménagement dont la mise en valeur agricole de terres présentant un potentiel de production important, la mise en valeur sylvopastorale par des programmes de reboisement et de mise en défens.

Enfin, il est important de signaler que l'évaluation de la désertification nécessite le développement et le suivi spatio-temporel d'indicateurs physiques, biologiques et sociaux, en tenant compte des interactions entre les différentes composantes de l'écosystème (végétation, sol, eau, climat, population). Une telle évaluation semble primordiale et doit précéder chaque plan d'aménagement pour éviter les échecs des plans nationaux de lutte contre l'érosion des sols et la désertification. En effet, certains plans d'aménagement impropres ont causé la perte de la structure normale de plusieurs forêts marocaines et leur disparition, totale ou majeure. Tel est le cas de la forêt de la Maâmora dont les plans d'aménagement, favorisant les espèces exotiques (Pin d'Alep, Eucalyptus et Acacias sahéliens comme *A. cyanophylla*) ont causé le dépé-

rissement de l'écosystème naturel du chêne-liège. Ou encore la région d'Izarène (nord-est de Ouezzane) où la pinède reboisée a été complètement détruite, suite à un incendie, causant la perte d'une région présentant les meilleures potentialités de production forestière de tout le pays.

Il s'avère donc nécessaire, pour le succès des plans d'aménagement et de lutte contre la dégradation de l'environnement, de développer une approche intégrée et participative de tous les acteurs concernés et d'essayer de répondre aux attentes des populations locales et de satisfaire leurs besoins prioritaires. D'où l'intérêt de concilier les besoins du développement et les impératifs de protection de l'environnement. ■

Remerciements

Nous tenons à remercier M. A. Zerouali, délégué provincial du ministère de la Communication à Fès. Nos vifs remerciements vont également à M. E.C. Castellanos, du Centre agroalimentaire d'investigation de Murcie (Espagne), ainsi qu'à Mme N. Khamlichi et aux professeurs N. El Ghachtouli, F. Fadil, R. Jabrane, L. Benabidate, A. El Garouani et K. Amrani de la faculté des sciences et techniques de Fès pour leur aide et leur disponibilité. Merci aussi à M. H. Jarar Oulidi pour avoir redessiné les cartes.

Références

- Rapport des Nations unies sur le sommet planète terre : « Convention sur la désertification ». Conférence des nations unies sur l'environnement et le développement : 3-14 Juin 1992. Rio de Janeiro : Organisation des Nations unies, 1992 ; 50 p.
- Ait Belaid M. Les systèmes d'information pour l'environnement : Développement et formation. *Géo observateur* 1994 ; 5 : 61-9.
- World Resources Institute ; PNUE ; PNUD ; Banque mondiale. Forêts et couverture terrestre. In : Centre de recherches pour le développement international et Comité 21, éd. *Ressources mondiales 1996-97*. Sl : sn, 1998 : 219-43.
- Food and Agriculture Organization (FAO). La situation des ressources forestières. *Situation des forêts du monde 1999* ; 1-11.
- Food and Agriculture Organization (FAO). *Résultats de l'évaluation des ressources forestières 2000 (ERF 2000)*. Rapport présenté à la 15e session du Comité des Forêts, 12 - 16 Mars 2001. Rome : FAO, 2001. <http://www.fao.org/docrep/meeting/003>
- Clarke R. *L'avenir de l'environnement mondial 2000 (GEO-2000)*. Nairobi : PNUE, 1999. <http://www.unep.org>.
- M'Bodou MA. *Les impacts socio-économiques de la désertification au Tchad*. Communication présentée au séminaire « La désertification » à Fès ; 15 - 16 mars 1996.
- Ministère de la Communication. *Maroc Aujourd'hui (Rapport annuel)*. Rabat : Ministère de la Communication, 1998 ; 243 p.
- Elyousfi SM, M'herit O. La conservation et l'utilisation des ressources génétiques forestières marocaines : les régions de provenances. In : Bani-Aameur F, ed. *L'arganier et les plantes des zones arides et semi-arides*. Colloque international sur les ressources végétales, 23-25 avril 1998, Agadir, 1998 : 11-8.
- Franchimont J, Saadaoui E. *Étude nationale sur la biodiversité. Rapport de synthèse*. Rabat : Observatoire national de l'environnement du Maroc (ONEM) et PNUE, 1998 ; 216 p.
- Ministère de l'Agriculture, du Développement rural et des Eaux et Forêts (MADREF). *Programme d'action national de lutte contre la désertification Document principal*. Rabat : MADREF, Juin 2001 ; 134 p.
- Guédira A. *Présentation du secteur agricole*. Rabat : Direction de la production végétale, Ministère de l'Agriculture, du Développement rural et des pêches maritimes (MADRPM), 1998.
- Knidiri M, Tanouti B. *Le développement durable dans les pays du sud méditerranéen : enjeux et obstacles*. Colloques interculturels méditerranéens. Palerme : COMEN, 1998 ; 5 p.
- MAMVA. Direction des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols. *La désertification au Maroc : Causes, ampleur et réalisations*. *Terre et Vie* 1995 ; 15-16 ; 17. <http://www.terrevie.ovh.org/a46.htm>.
- Ben Ali D. Les sources documentaire et statistique se rapportant aux domaines des ressources naturelles et l'environnement au Maroc. In : Femise network, ed. *Comptabilité de l'environnement dans le cadre d'une matrice des comptes sociaux : le cas du Maroc*. Sl : sn, 2000 : 1-48.
- Heusch B. L'érosion du pré-Rif, une étude quantitative de l'érosion hydraulique dans les collines marneuses du pré-Rif occidental. *Ann Recherche Forestière du Maroc* 1990 ; 12 : 9-176.
- Benabid A. *Le Rif et le Moyen-Atlas (Maroc) : biodiversité, menaces, préservation*. African mountains high summit conference, Nairobi (Kenya) 6-10 mai 2002.
- Gartet A. *Morphogénèse et hydrologie dans le bassin-versant de l'oued Lebène (Rif Méridional et Pré-rif Central et Oriental, Maroc)*. Thèse de doctorat en géographie, université d'Aix Marseille I, institut de géographie Aix-en-Provence. 1994, 345 p.
- Lelandais F, Fabre G. Plan d'aménagement anti-érosif du bassin-versant de l'oued Ouergha (Maroc), Risques d'érosion et systèmes d'information géographique. *Bull Réseau Erosion* 1996 ; 16 : 439-43.
- Merzouk A, Fenjiro I, Laouina A. Cartographie de l'évolution des formes d'érosion dans le Rif Occidental (Maroc) : étude multidate utilisant un SIG-Bassin versant. *Bull Réseau Erosion* 1996 ; 16 : 444-56.
- Belkheiri A. *Conséquences de la dégradation des bassins-versants sur les retenues des barrages*. Rabat : Ministère de l'Agriculture et de la réforme agraire, 1987 ; 34 p.
- Ministère de l'Agriculture, du Développement rural et des Eaux et Forêts (MADREF). *Plan national d'aménagement des bassins-versants. Rapport de synthèse*. Rabat : MADREF, 1994 ; <http://www.eauxetforets.gov.ma/pabv.htm#haut>.
- Bensouda KT. *La lutte contre la désertification au Maroc : Une constante dans les plans de développement économique et social du Royaume*. Rabat : Ministère de l'Agriculture, du Développement rural et des Pêches Maritimes (MADRPM), 1997 ; 9 p. http://www.desertification.it/doc/Workshop_Alghero/2-data_problem/Bensouda.htm.
- Bensouda KT. *Aperçu général sur la lutte contre la désertification au Maroc*. Journées nationales pour la lutte contre la désertification, Rabat, 14 au 15 juin, 1995.
- Fraval A, Villemant C. Les actions anthropiques. La Maâmora et ses ennemies. *Les dossiers de l'environnement de l'INRA. Forêts* 1997 ; 15 : 133-46.
- Kabiri L, Laskarn L, Benzyane M, Ahlac Z. *Les essences forestières du Maroc. Colloque national sur la forêt. Ifrane du 21 au 23 mars 1996*. Rabat : Administration des eaux et forêts et de la conservation des sols (AEFCS), 1996 ; 28 p.
- Benabid A. La destruction au Maroc des forêts et de leur biodiversité. *L'Opinion* 1^{er} juillet 2002 ; 5.
- Ben Mohammadi A, Ben Mohammadi L, Ballais JL, Riser J. Analyse des inter-relations anthropiques et naturelles : leur impact sur la recrudescence des phénomènes d'ensablement et de désertification du sud-est du Maroc (vallée de Drâa et vallée de Ziz). *Sécheresse* 2000 ; 11 : 297-308.
- Boubekraoui H. L'écosystème filialien, une région en dégradation. Colloque des 22-24 avril 1987 sur la région au Maroc. *Rev Fac des Lett Sci Hum de Fès* 1990 ; NS (6) : 93-103.
- El Mourid M, Karrou M, El Gharous M. *La recherche en aridoculture respectueuse de l'environnement*. Journées nationales pour la lutte contre la désertification, Rabat, 14 au 15 juin, 1995.
- Touzani MH. *L'érosion dans le pré-Rif et sa bordure rifaine (ravinement : étude quantitative)*. Thèse de doctorat en géographie, université de Paris 7, 1993, 161 p.
- Tag B. *Des mutations agro-pastorales à l'urbanisation dans le Maroc oriental*. Thèse de doctorat en lettres et sciences humaines, université de Toulouse - le Mirail, institut de géographie Daniel Faucher, 1987, 3 tomes, 764 pages.
- Boujghagh M, Chajja L. Le cactus : outil de gestion de la sécheresse dans le Sud Marocain. *Terre et Vie* 2001 ; 52 : 1-7.
- Akesbi N. *Maroc : une année de sécheresse et d'attente. Rapport national, 1998*. <http://www.iamb.it/ciheam/report/marocco.html>

35. Alibou J. *Impacts des changements climatiques sur les ressources en eau et les zones humides au Maroc*. Rabat : Centre d'études et de recherches sur les systèmes hydrauliques et environnementaux, EHTP, octobre 2002. http://www.iucn.org/places/medoffice/documents/Morocco_summary_fr.
36. Ministère de la communication. *Maroc 98*. Rabat : Ministère de la communication, 1998 ; 106 p. (en Arabe).
37. Merzouk L. *L'évaluation de l'érosion hydrique dans le bassin-versant de l'oued Garzine (pré-Rif central)*. Diplôme d'études supérieures approfondies en géographie, faculté des lettres et sciences humaines de Fès-Saïss, 2002, 111 p.
38. Maurer G. Facteurs physiques et aménagement dans la montagne rifaine. Colloque avril 1989 sur le Rif, l'espace et l'Homme. *Rev Fac des Lett Sci Hum de Tétouan* 1990 ; NS : 93-101.
39. Le Houérou HN. La végétation de la Tunisie steppique (avec référence aux végétations analogues du Maroc, de l'Algérie et de la Libye). *Ann Inst Nat Recherches Agro* 1969 ; 42 : 620.
40. Le Houérou HN. *Recherches biogéographiques sur les steppes du nord de l'Afrique*. Thèse de doctorat d'état en géographie, université Paul Valéry, Montpellier, 3 vol, 1990.
41. Tribak A. *L'érosion hydrique en moyenne montagne du Prérif oriental (Maroc). Étude des agents et des processus d'érosion dans une zone de marnes tertiaires*. Thèse d'État en géographie, université Chouaïb Doukkali, El Jadida, Maroc, 2000, 350 p.
42. Tribak A. Stratégies et Techniques de lutte antiérosive dans les montagnes du Prérif oriental (Maroc). *Bull Réseau Érosion* 2002 ; 21 : 45-55.
43. Tribak A. Contraintes du milieu et fragilité d'un espace montagnard marocain : l'exemple du Prérif oriental au Nord de Taza. *Ann Geogr* 2002 ; 625 : 227-45.
44. Laouina A, Chaker M, Nafaa R, Naciri R. *Les terres de parcours forestiers et steppiques au Maroc. Processus de dégradation et impact sur le ruissellement et l'érosion*. Atelier international des 20-21 avril 2001 « Les changements d'utilisation et de couverture des sols et les ressources en eau dans la région méditerranéenne ». Médine (Tunisie) : Institut des régions arides, 2001 ; 15 p. ; *Lettre de MEDIAS* 2002 ; (13) : 15 p.
45. Tellal R, Abouchane A, Benmeryeme A, et al. Interaction élevage - parcours dans le Sahel Doukkala-Abda : vers une mutation du système d'élevage traditionnel. *Options méditerranéennes* 2000 ; 39 : 181-4.
46. Benabid A. Flore et écosystèmes du Maroc. *Évaluation et préservation de la biodiversité*. Paris : Ibis Press, 2002.
47. Floret CH, Pontanier R. *L'aridité en Tunisie présaharienne, climat, sol, végétation et aménagement*. Travaux et documents Orstom 150. Paris : Orstom éditions, 1982 ; 544 p.
48. Mainguet M. *Lutte contre l'ensablement des palmeraies et des oasis du Sud marocain*. Rapport FAO. Rome : FAO, 1979 ; 58 p.
49. Benchaabane A. Impact de l'exploitation du prélèvement du bois de feu sur l'érosion du sol en haute montagne (cas du haut Atlas de Marrakech, Maroc). *Sécheresse* 1997 ; 8 : 265-9.
50. Daniane M. *Extension des périmètres urbains et de l'habitat rural : Quel impact sur les terres agricoles? le cas du périmètre de l'Office Régional du Ministère de vulgarisation agricole du Gharb*. Colloque international « Écologie et stratégie de développement des villes intérieures », 27- 29 octobre 1994, Fès, 1994, 40 p.
51. Ameer M. *Fès... ou l'obsession du foncier*. Tours : Centre d'études et de recherches URBAMA (Urbanisation du monde arabe). 1993 ; 428 p.
52. Lazaar M. Exposé relatif au schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme. In : Communauté urbaine, RADEEF, D.P.A, C.E.E, eds. *Séminaire sur la planification urbaine et les instruments juridiques pour la protection de l'environnement*. Fès : sn, 2002.
53. Mehdioui R. *Problématique de la biodiversité de la forêt de la Maâmore*. 1er Congrès de l'association Marocaine de la biodiversité « Gestion et valorisation de la biodiversité au Maroc ». Rabat, Faculté des sciences, 19 - 21 juin 2001.
54. Tribak A. Exploitation anarchique des ressources et déséquilibres environnementaux (texte en arabe). *Al Mounaataf* 2000 ; (853) : 8.
55. Asmama S, Bouhoum K. *Traitement et réutilisation des eaux usées en agriculture : Aspect parasitologique*. Colloque international « Écologie et stratégie de développement des villes intérieures », 27 - 29 octobre 1994, Fès, 1994, 91 p.
56. Boukhars L, Rada A, Tahlil N. *Effet de l'irrigation par des eaux usées traitées par lagunage sur la contamination d'une culture de Ray-Grass par les métaux lourds*. Colloque international « Écologie et stratégie de développement des villes intérieures », 27 - 29 octobre 1994, Fès, 1994, 93 p.
57. Sedki A. *Étude de la contamination par les métaux lourds de l'écosystème terrestre dans la zone d'épandage des eaux usées de la ville de Marrakech*. Diplôme des études supérieures de 3e cycle en Sciences, université Semlalia de Marrakech, 1990, 131 p.
58. Rahhou M. *L'érosion dans le Prérif moyen, zone interfluviale : Lebène-Sebou-Ouergha, continuité du développement naturel, résultante sociale*. Thèse de doctorat en géographie, université Mohammed V, Rabat, 1999, 2 tomes (en arabe).
59. Moulay M. *Forêt entre deux feux. Le temps du Maroc* 11 - 17 août 2000 ; 250.
60. Ghanam M. *Situation du secteur forestier. Rapport établi dans le cadre de préparation du programme forestier national*. Rabat : Département des eaux et forêts et de lutte contre la désertification, 1998.
61. Ministère de l'Agriculture du Développement rural et des Eaux et Forêts (MADREF). *Rapport national sur la mise en œuvre de la convention de lutte contre la désertification*. Rapport destiné à la 3ème conférence des parties - Recife, Brésil : 15-26 nov. 1999. Rabat : MADREF, 1999 ; 37 p.