

# Gestion durable des terres en montagne et réduction des risques en aval, le cas marocain

Abdellah Laouina<sup>1</sup>

La montagne qui couvre ¼ de la superficie du pays produit l'essentiel des eaux du Maroc. Cela s'explique par un coefficient de ruissellement élevé (27%). Mais la montagne n'utilise qu'une petite part de sa production hydrique, puisqu'elle ne compte qu'1/5 des superficies irriguées au Maroc, en plus d'un retard important en termes de développement rural, d'adduction d'eau et d'équipement.

La politique de diversification des produits de niche grâce à l'irrigation devrait signifier une ponction plus forte sur l'eau qui débouche aux barrages, localisés en majorité à la limite montagne - piémont. Cette ponction supplémentaire, dans le contexte du réchauffement climatique risque-t-elle d'accuser la pénurie en aval, à un moment où les risques de crues, liés à la multiplication des événements exceptionnels, ont tendance à s'exagérer ? A contrario, quelles peuvent être les marges de fourniture d'eau régulée aux barrages, si on applique des actions bien réparties et bien ciblées de Gestion Conservatoire des Eaux et des Sols en montagne ? Et que représente l'effet de l'extension de cette gestion durable en montagne sur la fréquence et la magnitude des phénomènes extrêmes de crue, aujourd'hui dévastateurs sur les piémonts ?

L'exposé explore les voies et leviers à même d'assurer la valorisation et la préservation des services écosystémiques rendus par la montagne, au bénéfice de l'aval, dans une perspective de symbiose spatiale, grâce à des systèmes de bénéfices conjoints amont- aval.

**Mots clés :** Maroc, Montagne, Gestion durable des terres, Crues, Pénurie d'eau, Services environnementaux

## **Abstract: Sustainable land management in mountains and downstream risk mitigation, the Moroccan case**

The mountain, which covers 1/4 of the country's area, produces most of Morocco's water. This is due to a high runoff coefficient (27%). But the mountain uses only a small part of its water production, since it accounts for only one-fifth of the irrigated area in Morocco, in addition to a significant delay in terms of rural development, water supply and equipment.

The policy of products diversification through irrigation extension should mean a stronger deduction on the water that leads to the dams located at the piedmont. Is this additional deduction, in the context of global warming, responsible for more shortage downstream, at a time when the risks of floods, linked to the increase in exceptional events, tend to exaggerate?

On the other hand, what can be the regulated water supply potential, if well-distributed and well-targeted actions of Sustainable land management in the mountains are applied? And what does the effect of these actions have on the frequency and magnitude of the extreme flood events, which are now devastating on the foothills?

The presentation explores the ways and levers able to ensure the enhancement and preservation of ecosystem services rendered by the mountain, for the benefit of downstream, from a perspective of spatial symbiosis, through systems of joint up-downstream benefits.

**Keywords:** Morocco, Mountain, Sustainable Land Management, Floods, Water Shortage, Environmental Services

---

<sup>1</sup> Professeur émérite, Université Mohammed V, Rabat, [laouina.abdellah@gmail.com](mailto:laouina.abdellah@gmail.com)

## Introduction

La montagne marocaine se caractérise par la grande diversité des milieux, des situations et des enchaînements de processus hydrodynamiques, des situations sociales et des systèmes de production. Elle est constituée de milieux plus ou moins stables, où la population est souvent relativement dense, parfois en surplus par rapport aux ressources en présence (NACIRI, 2002). On peut différencier des cas d'occupation ancienne parfois, et d'autres de densification récente de l'habitat (PASCON & VAN DER WUSTEN, 1983), des habitants des piémonts ayant été repoussés vers l'amont, à la suite de l'occupation de larges parties des plaines voisines, par la Colonisation française et espagnole, ce qui a contribué à couper le cordon ombilical originel qui reliait montagnes et bas pays.

Dès lors, la complémentarité de ressources entre ces deux terroirs a été rompue ce qui explique des excès de prélèvement sur les ressources de l'amont. Par ailleurs, la domanialisation de la forêt et du matorral, suite à la publication de la loi du Domaine Forestier a été mal acceptée et a sans doute entraîné une surexploitation des ressources végétales et des sols, sur des terres que les populations considéraient comme faisant partie de leur patrimoine tribal (LAZAREV, 2009 ; TAIBI & al., 2019).

Or, la montagne a toujours joué un rôle hydrique majeur. C'est le château d'eau qui fournit au pays (plaines irriguées, villes, industries) une eau abondante (MATEE, 2003). Au 20<sup>ème</sup> siècle, cette eau a été en bonne partie régularisée, grâce à la politique des barrages, édifiés souvent à la limite entre les deux unités de relief. Cependant une partie non négligeable des eaux de ruissellement restent encore non contrôlées. Ce sont elles qui engendrent des crues et détruisent des cultures et des infrastructures (DEPARTEMENT DE L'ENVIRONNEMENT, 2008).

La problématique traitée par ce papier est celle de l'eau et des perspectives de développement global de la montagne marocaine, dans une optique de rareté de la ressource et de l'effet de renforcement du stress hydrique en relation avec le changement climatique. L'exposé se pose la question, dans les conditions de sous-développement de la montagne, de dégradation des ses terres et donc de ses capacités de fournir de l'eau en qualité suffisante, sans générer de gros risques pour l'aval, il est sans doute légitime faire le choix d'une option à double gain, pour l'amont comme pour l'aval, mais comment y parvenir et comment garantir le succès de cette option ?

## I- Le constat : la montagne marocaine, la terre et l'eau

De climat méditerranéen au Nord, notamment dans les montagnes du Rif occidental et du Moyen Atlas, présaharien sur le versant sud du Haut et l'Anti-Atlas, le Maroc se distingue par une aridité croissante du Nord au Sud et de l'Ouest à l'Est (Laouina, 1998). La moitié nord du pays qui comprend des chaînes de montagnes, comporte trois grandes catégories de climats, en référence à la classification Koppen-Geiger (BECK & al., 2018 ; PEEL & al., 2007), des zones à climat semi-aride frais (ou steppique frais), des zones à climat semi-aride chaud et des zones désertiques à climat frais, du fait de l'extension de l'influence atlantique et méditerranéenne, jusqu'aux versants sud de l'Atlas.

En référence à la classification d'Emberger (EMBERGER, 1936), 78% du territoire sont localisés en zone aride et saharienne et 15% en zone semi-aride et subhumide. 39 millions d'hectares supportent des activités agro-sylvo-pastorales, soit 55% du territoire national (CGDA, 2009).

Depuis 1980, des sécheresses de plusieurs années consécutives ont été enregistrées au Maroc, entrecoupées d'épisodes pluvieux, à l'origine de crues d'une rare violence (MARGAT, 1995). Des lits de rivières, restés secs plusieurs années et ayant de ce fait accueilli de l'habitat plus ou moins insalubre ou des infrastructures, se sont transformés en torrents dévastateurs causant pertes humaines et dégâts matériels. C'est le cas des événements catastrophiques de l'oued Ourika, au S de Marrakech en 1995 (SAIDI & al., 2003), d'El Hajeb, sur le versant NW du Moyen Atlas en 1997 ; de Guelmim, au SW de l'Anti Atlas, en 2014 et de plusieurs sites atlasiques durant l'été 2019.

Les principales causes à l'origine de ces inondations sont (DEPARTEMENT DE L'ENVIRONNEMENT, 2008):

- la dégradation des sols et de leur perméabilité, favorisant la genèse d'un ruissellement direct, de crues et l'amplification des débits de pointe ;
- l'occupation du domaine public hydraulique par des constructions anarchiques aux abords des lits d'oueds, parfois même sur les chenaux, restés longtemps sans écoulement ;

- le rétrécissement de sections des cours d'eau par l'accumulation de dépôts qui font obstacle à l'écoulement des eaux, notamment là où la conception inappropriée d'ouvrages de traversée des oueds, favorise la constitution d'obstacles provisoires.

Au Maroc, les disponibilités en eau sont limitées, puisque la pluviosité moyenne à l'échelle du territoire national n'est que de 210 mm, soit un apport de 0,21 m<sup>3</sup> par m<sup>2</sup> de surface, ce qui représente un volume hydrique d'environ 150 milliards de m<sup>3</sup>. L'évapotranspiration prélève 75-80% de cet apport (CONSEIL SUPERIEUR DE L'EAU, 1991). Les ressources en eau disponibles ne sont donc au mieux, que de 21 Mds m<sup>3</sup>, issues du ruissellement direct, du drainage des sols et de la recharge des nappes phréatiques. 80% de ces ressources hydriques, soit 16 Mds m<sup>3</sup>, vont à l'irrigation de 1,6 Mha, avec une dose moyenne d'arrosage de 10000 m<sup>3</sup>/ha, ce qui signifie que dans de nombreux périmètres marginaux, les hauteurs d'eau disponibles pour l'irrigation sont nettement insuffisantes. Que l'on soit en culture pluviale ou en terrain d'irrigation, on est donc en situation à la limite d'un déficit prononcé en termes de production alimentaire en année moyenne, mais pire encore en année sèche. La menace du changement climatique est donc effective.

Les travaux de recherche sur le changement climatique (SCHILLING & al., 2012 ; TRAMBLAY & al., 2013) et ses effets au Maroc (ROCHDANE & al., 2012) indiquent que le pays se situe en zone fortement impactée. Selon Schilling & al. (2012), les précipitations devraient diminuer de 10 à 20 %, tandis que les températures devraient augmenter entre 2 et 3 ° C d'ici 2050, avec une tendance plus marquée dans la partie NW du pays. Dans le cas d'une exagération des émissions de gaz à effet de serre, le ruissellement de surface pourrait enregistrer une diminution de 57% à l'échéance 2062 (TRAMBLAY & al., 2013). D'après ces auteurs, cela générera une diminution de l'offre en eau alors que la demande enregistre une forte croissance. Ces idées appliquées au Maroc indiqueraient que l'effet sera plus fort sur le secteur agricole, du fait de sa vulnérabilité et de grande importance pour l'économie du pays. Les subventions agricoles aux petits exploitants deviendront alors insuffisantes pour atténuer les effets de la sécheresse.

Dans le cadre de recherches (ROCHDANE & al., 2012 ; MARCHANE & al., 2017) visant à évaluer les impacts du changement climatique sur l'offre en eau et ses impacts dans le bassin-versant de l'oued Rheraya (Haut Atlas au S de Marrakech), les auteurs montrent que projections prévoient une diminution significative du ruissellement en surface (-19 % à -63 %) principalement causée par une baisse significative des quantités de neige, liée elle-même à la réduction des précipitations et à l'augmentation de la température.

La pression sur les ressources en eau augmentera, ce qui entraînera une plus grande concurrence pour les eaux de surface. Les auteurs en concluent l'urgence de mettre en œuvre de nouvelles politiques et réformes afin de rendre la gestion des ressources en eau plus durable sur le plan environnemental, social, économique et financier.

Or, la montagne joue le rôle de conservatoire de ressources, de produits de qualité, de savoir-faire, d'ingéniosité technique et de solidarité sociale (CHAKER & al., 1996 ; HERZENNI, 1993 ; LAOUINA, 1998 ; NACIRI, 2002); c'est le château d'eau qui régularise les écoulements majeurs, à travers les hydrosystèmes karstiques et depuis l'édification des retenues de barrages, ce qui protège ainsi les grandes plaines fluviales vis-à-vis des inondations des oueds. Mais c'est un espace resté en marge du développement du littoral et des plaines, car malgré plusieurs programmes sectoriels destinés au développement du monde rural, les zones de montagne n'ont pas connu une amélioration suffisante des conditions de vie des populations (MAMVA, 1995).

En même temps, la dynamique environnementale reste caractérisée par une dégradation en action, dont l'illustration est la baisse continue de la régularisation hydrique, malgré les gros efforts d'équipement. Avec le changement climatique, cette situation risque de se compliquer, avec notamment l'aggravation de la vulnérabilité du fait de l'accentuation de magnitude des aléas (MARGAT, 1995 ; MOKSSIT & EL KHATRI, 1995 ; AÏT KADI & GUILLAUME, 2010 ; GOMMES & al. 2009 ; TRAMBLAY & al., 2013).

Définie dès 1985 par la stratégie préparée par les Eaux et Forêts et l'Aménagement du Territoire (MATEE, 2003), comme région d'altitude supérieure à 500 m et constituée de reliefs aux pentes raides, la montagne couvre 1/4 du territoire national et compte 9 M d'habitants (33% de la population du Maroc en 2014), dont 6 M de ruraux ; elle se subdivise en masses étendues (Rif, Moyen, Haut, et Anti Atlas) et en petits massifs isolés. Elle concerne 9 régions sur les 12 que compte le pays, 31

provinces sur 71, 680 communes rurales, dont certaines comprenant un petit centre urbain et 68 municipalités.

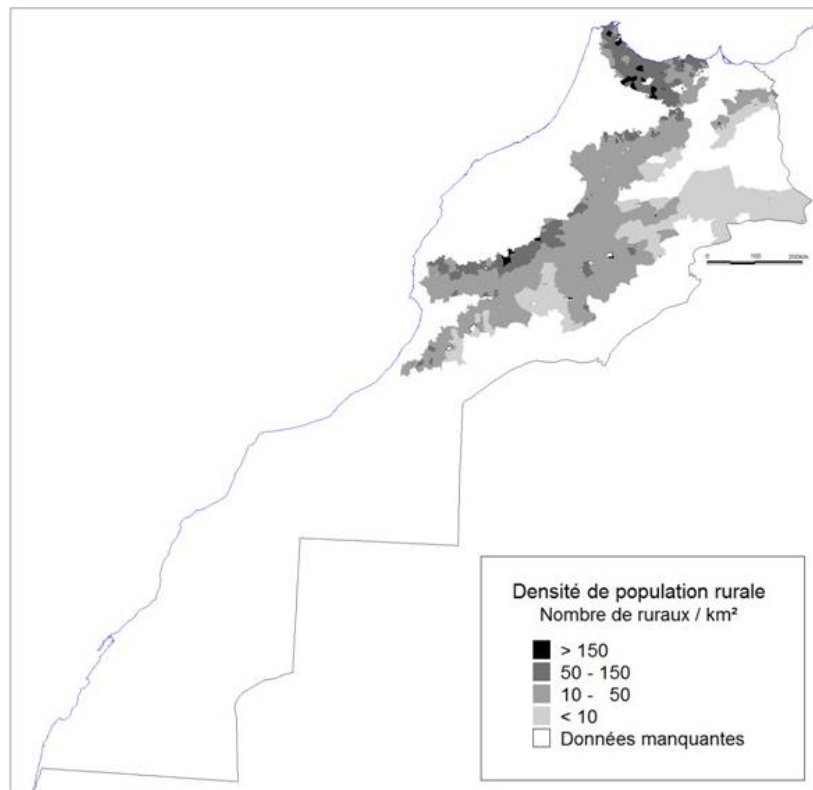


Fig. 1 : Densité de population rurale en montagne au Maroc

Le croisement du relief (altitude, formes et pentes) et de la pluviométrie (moyenne annuelle de 331 mm de pluie en montagne, versus 210 mm pour l'ensemble du pays) permet de faire ressortir clairement les zones de montagne, milieux plus humides, où l'altitude rehausse la pluviométrie par rapport aux zones environnantes (MAMVA, 1995). Les conditions de cet espace donnent une série de handicaps, avec une superficie agricole cloisonnée et étriquée, la difficulté des transports et une forte menace des catastrophes naturelles, mais aussi une série d'avantages, notamment la constitution d'un important réservoir d'eau et de réserves écologiques, si utiles pour les bas pays (CGDA, 2009 ; LAZAREV, 2009).

Le phénomène social majeur a été au cours du 20<sup>ème</sup> siècle, l'accroissement de la population, malgré l'exode rural et l'émigration très active (LAOUINA, 1998; CONACHER & SALA, 1998, NACIRI, 2002). La réalité est donc vraisemblablement pour les deux décennies à venir, une tendance au maintien de la population et une poursuite de la dynamique de pression sur le couvert forestier et les sols. La pression des populations montagnardes, encore très dépendantes d'une économie de subsistance, se traduit par une exploitation excessive des ressources naturelles (LAOUINA & al., 1993, 2004). La dégradation des ressources est d'autant plus forte que le cercle vicieux alliant la croissance de la population, à la déforestation et à l'érosion s'exerce dans des milieux sensibles, en raison de la violence des pluies torrentielles de printemps et d'automne, mais aussi de la fragilité de la couverture végétale (LAOUINA, 1998).

L'occupation des terres en montagne a une configuration de mosaïque, avec interpénétration de la forêt (BENABID, 1996) et des terres de parcours avec la superficie cultivée ; cette dernière, largement étendue dans le Rif, se limite aux versants nord des Atlas et aux oasis du versant sud. On y trouve la grande majorité des couverts végétaux du pays, des Sites d'intérêt biologique « SIBEs » continentaux, une grande diversité floristique des couverts végétaux et des espèces animales, mais aussi des processus de dégradation en action.

La montagne atlasique se caractérise par la dissymétrie de ses façades, avec une façade NW agricole et une façade SE pastorale. Dans le détail, l'évolution de l'extension de la SAU est très différenciée d'une commune à l'autre. Une majorité de communes a enregistré une réduction de l'étendue des

superficiers agricoles, alors que les communes qui ont enregistré une forte extension de SAU sont curieusement en majorité sur le versant saharien; cette évolution s'est faite en parallèle avec les progrès qui ont été enregistrés dans l'installation de motopompes et l'irrigation de nouvelles terres (CGDA, 2009).

Ces espaces où dominent les petites exploitations de < 3 ha correspondent à des régions restées marginalisées qui requièrent une attention particulière pour surmonter leur vulnérabilité à la dégradation et aux impacts du changement climatique. C'est notamment le cas de la zone axiale du Haut Atlas, alors que sur les marges montagneuses, les exploitations plus grandes prennent une certaine importance.

Tableau 1 : SAU et SAUI (irriguée), en montagne, selon la taille des exploitations

Montagne marocaine	Exploitations Nb	Exp en % du Total	SAU Ha	SAU en % du Total	Moyenne SAU/ Exploitation	SAUI Ha	SAUI en % du Total
Moins 3 ha	449932	62,3%	564694	17%	1,3	148891	27%
3-20 ha	253685	35,1%	1893530	57%	7,5	285961	51%
20-50 ha	15241	2,1%	477699	14%	31,3	61785	11%
Plus 50 ha	3235	0,4%	408017	12%	126,1	64849	12%
Total	722094	100%	3343939	14%	4,6	561486	100%

Les très petites exploitations de < 3 ha représentent plus de 62% du nombre total des exploitations de la montagne, alors qu'en surface, elles ne couvrent que 17%. Pour ce critère de la surface, ce sont des exploitations de taille moyenne qui couvrent un peu moins de 60% de la SAU montagneuse. Mais, contrairement aux grandes zones agricoles, en montagne il y a très peu de grandes exploitations de plus de 20 ha (2,5% du nombre total) et elles ne couvrent que ¼ de la superficie agricole. En ce qui concerne l'irrigation, les valeurs sont globalement faibles (moins de 1/5 de la superficie).

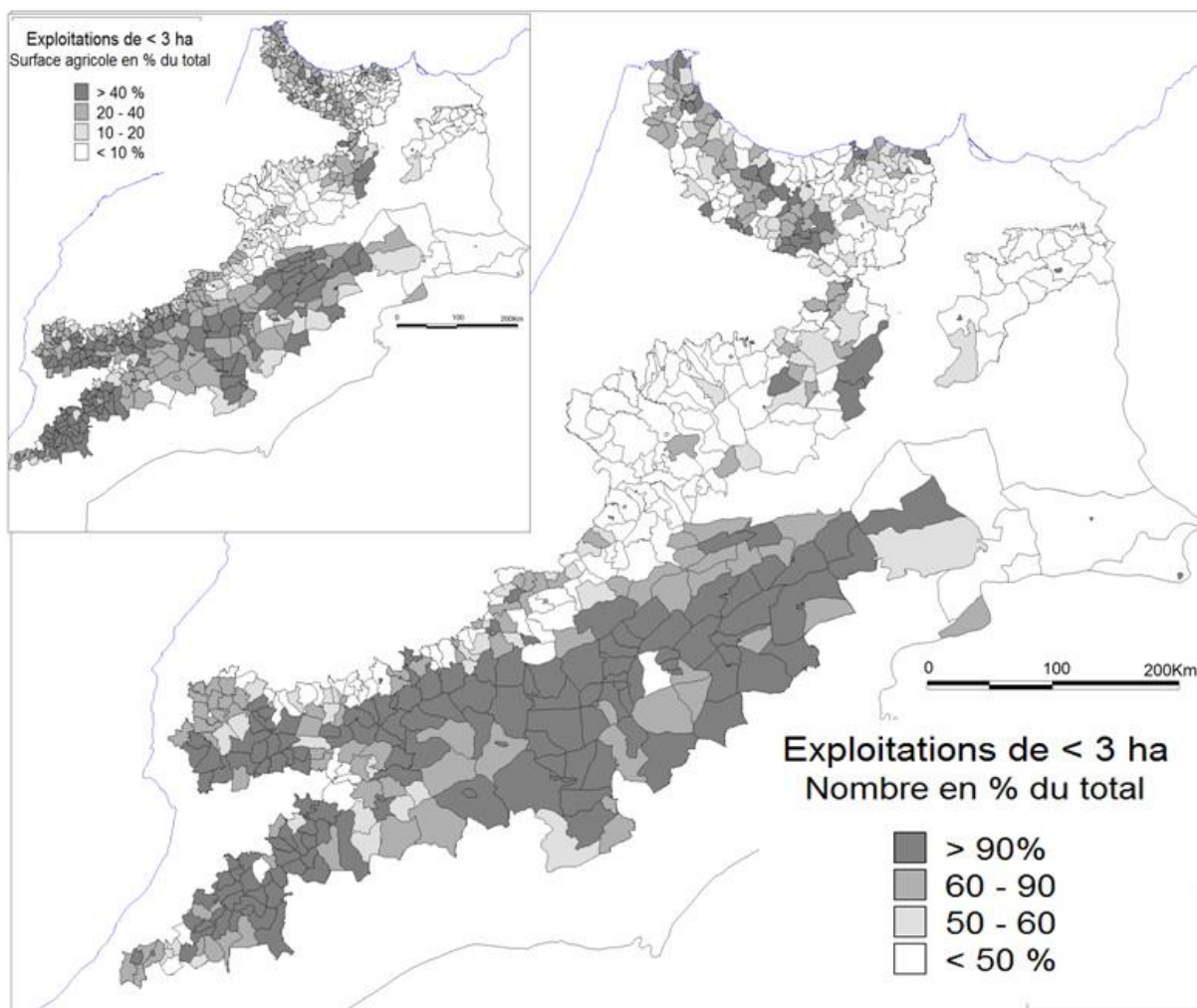


Fig. 2 : Exploitations agricoles de montagne en nombre (carte principale) et en superficie (carton)

Pour l'élevage, la distribution selon la taille des exploitations donne à égalité les très petites et les moyennes exploitations, avec chacune 45% du total en unités de gros bétail « UGB ». La faible part des bovins dans le total UGB indique la suprématie des petits ruminants dans le cheptel des zones de montagne, notamment dans les grandes exploitations qui possèdent surtout des moutons, soit les 4/5 de leur troupeau. Le taux de caprins parmi les petits ruminants représente 34% et s'élève à 43% en ce qui concerne le cheptel des très petites exploitations. Or, ces micro-exploitants qui ne produisent pas de fourrage, se contentent d'exploiter les unités fourragères « UF » des parcours steppiques et des forêts, avec à la clé, un phénomène de surpâturage.

Tableau 2 : Structuration du cheptel des zones de montagne, selon la taille des exploitations

Montagne marocaine	UGB	UGB en % du total	Moy UGB /Exp	BOVINS	Bovins en % /UGB	Bov % Total	OVINS	CAPRINS	Caprins/ Petits Ruminants
Moins 3 ha	1507665	45%	3	452442	30%	50%	3023537	2252580	43%
3-20 ha	1503404	45%	6	394712	26%	43%	3851468	1691991	31%
20-50 ha	237761	7%	16	43706	18%	5%	797630	172643	18%
Plus 50 ha	109619	3%	34	21406	20%	2%	390943	50121	11%
Total	3358449	100%	5	912266	27%	100%	8063579	4167334	34%

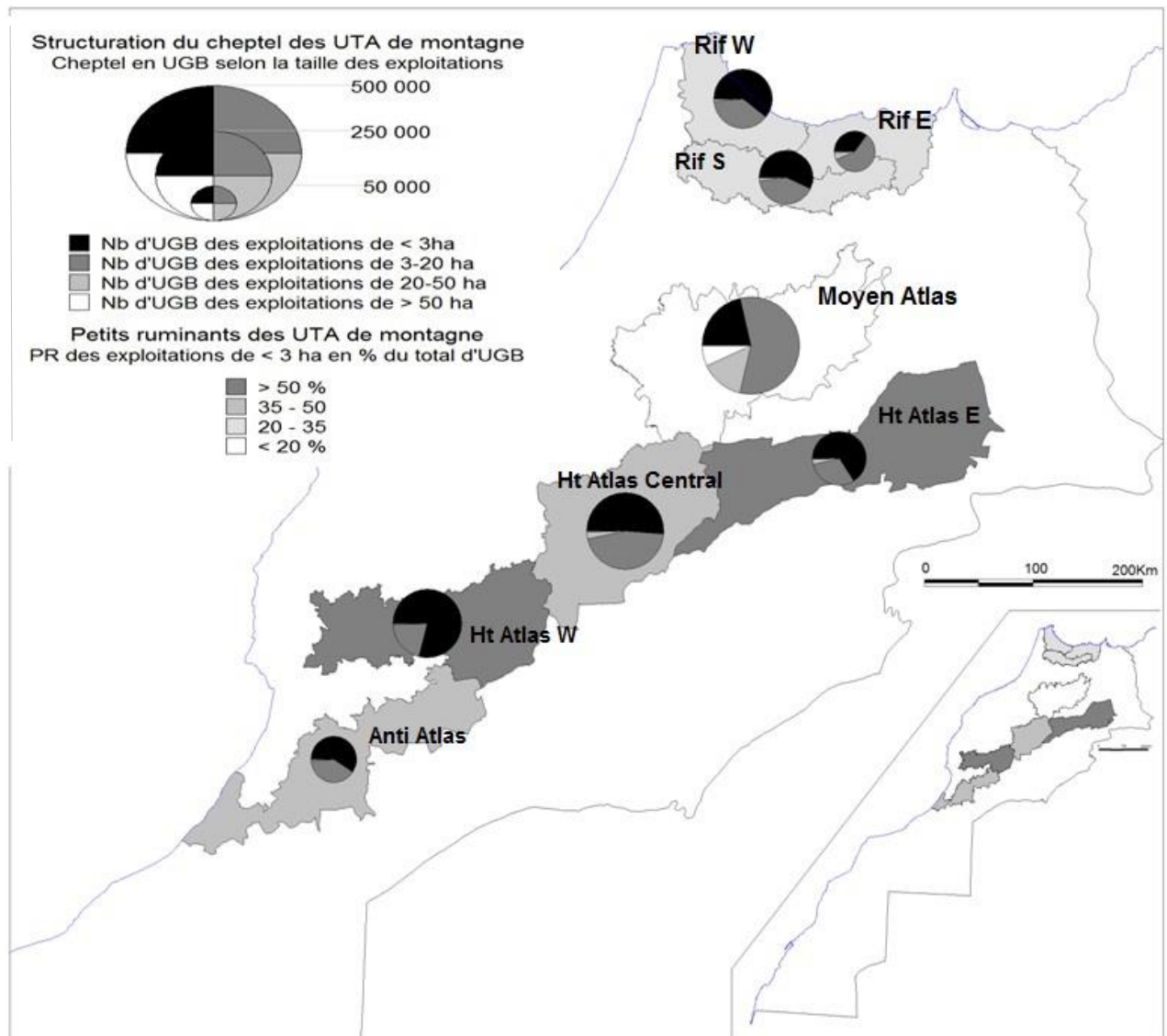


Fig. 3 : Structuration du cheptel de la montagne selon la taille des exploitations

L'économie se base actuellement surtout sur l'exploitation de ressources naturelles, l'eau abondante, alors que les sols sont au contraire limités aux bas de pentes et fonds de vallées ; la biomasse est composée d'espaces forestiers dans les portions les moins sèches et de parcours variés<sup>2</sup>. Les revenus tirés de l'exploitation de ces ressources sont difficilement extensibles et très souvent, des revenus externes, liés à l'émigration ou au tourisme sont entrain de surpasser ceux tirés de l'agriculture et de l'élevage (CGDA, 1999 ; 2009). Ce sont à la fois des espaces difficiles et à handicaps, mais disposant d'importants potentiels de développement, si une diversification de leur économie est menée sur la base d'une stratégie bien conçue.

La montagne produit l'essentiel des eaux du Maroc, du fait de la recrudescence des précipitations ; elle se caractérise par l'étagement et l'opposition des façades. Plus on va vers la façade sud des Atlas, plus

<sup>2</sup> En plus des forêts naturelles et des parcours steppiques, la montagne comporte des paysages anthropisés constitués de parcs arborés aménagés par la population rurale (TAIBI & al., 2019) dans le contexte d'une économie agropastorale associant la culture et l'élevage extensif. Au milieu de champs de cultures en sec et même au sein des lots irrigués, on retrouve des formations de chênes verts âgés, contrastant avec les versants fortement dégradés ; le maintien de ces paysages s'explique par leur entretien, dû au fait qu'ils conservent de multiples fonctions vitales - ombre, bois, fourrage de période de soudure - et conservent un rôle social important.



ce volume d'eau est réduit. Les retenues de barrages sont en majorité<sup>3</sup> à la limite de l'espace montagneux, pour collecter les eaux des rivières, dans une cuvette suffisamment étendue pour constituer un réservoir important, derrière une gorge incisée dans des matériaux résistants, si possible imperméables, pour offrir une résistance suffisante à la pression de l'eau (MAMVA, 1995).

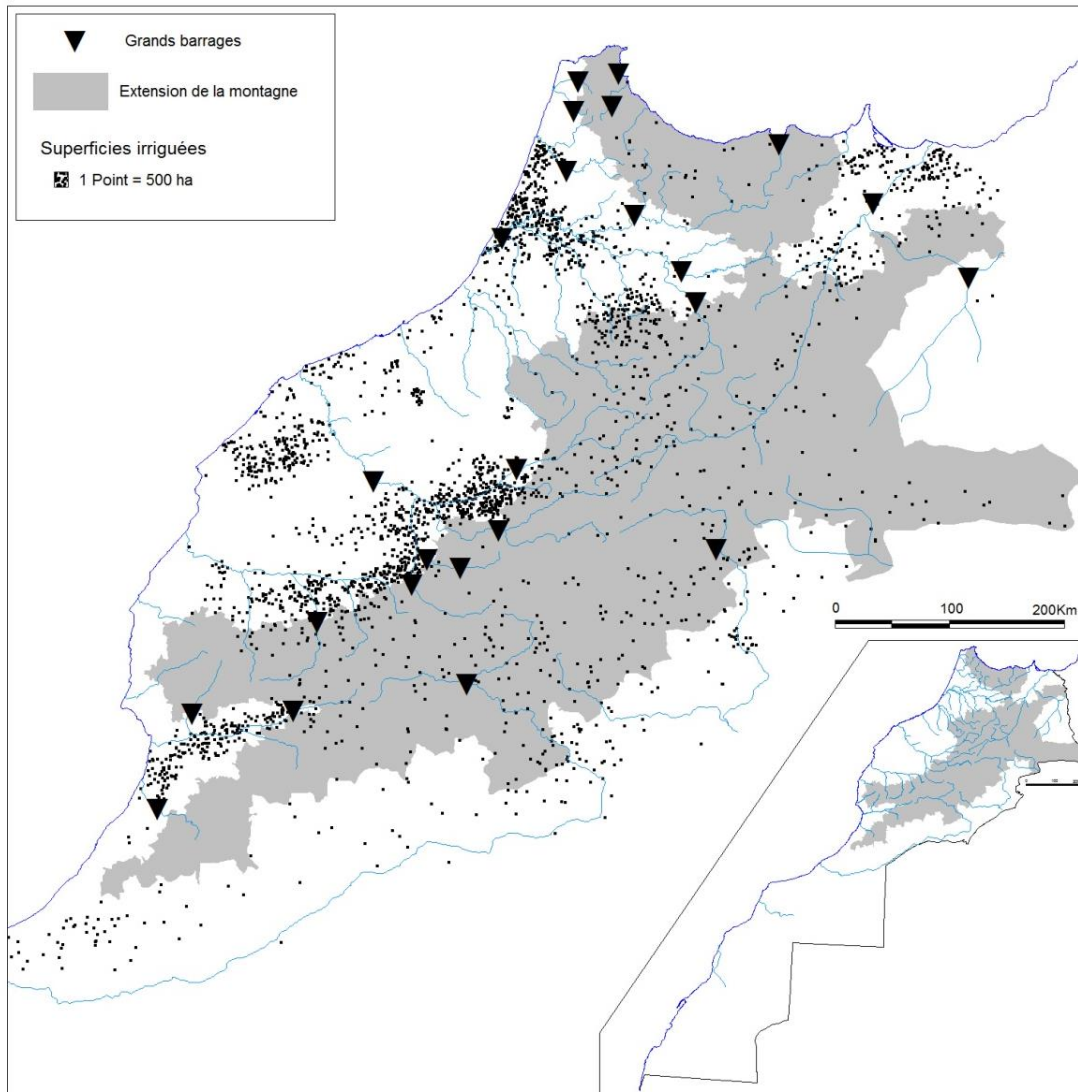


Fig. 4 : La montagne, l'irrigation et la localisation des barrages

La montagne marocaine dans son ensemble, reçoit 40% de l'apport pluviométrique total du pays et fournit 12 milliards de m<sup>3</sup> d'eau superficielle, soit 63 % des eaux de surface du pays. Cela s'explique par le coefficient de ruissellement élevé, de 27% alors que la moyenne nationale n'est que de 12%.

## II- Les enjeux

### L'enjeu des Ressources en eau

L'irrigation n'est pas forcément menacée en montagne, car elle est avant tout présente dans les hauteurs enneigées, notamment dans les chaînes composées de roches calcaires, possédant de gros réservoirs souterrains ; son extension importante dans le Moyen Atlas et le Dir s'explique en effet par les ressources en eau karstiques. Plus au sud, l'irrigation se limite aux vallées principales, dont le débit est soutenu par des sources importantes.

<sup>3</sup> Trois exceptions principales sont enregistrées, de barrages édifiés loin de la montagne, Sidi Mohammed ben Abdellah, Mohammed V et Al Massira.



C'est surtout l'irrigation hors-site (dans les piémonts et les plaines) qui est menacée et avec elle toute la production d'eau, pour les autres activités économiques et urbaines. La prospective de recul du manteau neigeux avec le réchauffement accroît la menace pour la permanence de l'irrigation (MARGAT, 1995; RUF 2004).

Les défis sont donc de :

- Capitaliser sur l'acquis de la capacité de stockage en développant plus l'hydraulique agricole et en protégeant au mieux les réservoirs de la menace d'envasement. Car, le changement climatique menace cette capacité notamment dans le cas des barrages de taille modeste à régulation inter saisonnière, avec surtout des étiages très creux, risque majeur pour la capacité de poursuivre l'irrigation, au moment de l'année où on en a le plus besoin. Pour les gros réservoirs à fonction interannuelle, le problème se pose moins. Pour les barrages du Présahara, actuellement les plus problématiques, certains modèles (Gommes & al., 2009) projettent une possible augmentation des pluies et apports hydriques, mais accompagnés de plus de charge solide.
- Améliorer le rendement de l'eau d'arrosage en optant pour des techniques d'efficacité et de précision et en poursuivant les recherches agronomiques dans ce domaine. Il s'agit de raisonner la relation type de sol – type de culture - dose d'eau pour réduire les pertes par évaporation. Le labour minimum et le paillage permettent de doubler le volume d'eau disponible pour la plante, en réduisant d'1/3 le taux évaporé et de 7/8 la quantité ruisselée (Gommes & al., 2009). On peut donc, par les progrès dans l'arrosage, relever la production, améliorer les sols, lutter contre les ruissellements sauvages et même restaurer la nappe souterraine.

### **Enjeux de l'agriculture**

Les défis de l'activité agricole consistent d'abord dans la garantie d'une productivité suffisante aussi bien pour l'autosuffisance alimentaire que pour les revenus des paysans, notamment les plus petits exploitants. En plus, comme chaque type d'espace a sa propre capacité en termes d'adaptation, en fonction des ressources matérielles et humaines disponibles, ainsi qu'en termes d'état de dégradation atteint, il faut concevoir, pour chaque type de territoire, des réaménagements adaptés et des démarches de conservation spécifiques. Le risque actuel, avec la stérilisation de certaines portions de l'espace, est de devoir se rabattre sur une exploitation excessive des terrains encore productifs, pour compenser la réduction, sinon l'annulation de productivité des portions fortement dégradées, pratiquement perdues pour toute forme d'utilisation, ce qui aboutirait finalement à étendre encore plus l'espace dégradé et ainsi atteindre un seuil de désertification.

En plus, l'agriculture du Maroc est fortement exposée aux impacts du changement climatique puisque ses capacités d'adaptation (financière, technique, gouvernance...) sont limitées. Cette situation s'explique par la très forte dépendance par rapport aux ressources naturelles qui déterminent l'intensité et l'efficacité des activités d'agriculture et d'élevage. En plus des autres facteurs de vulnérabilité sociale et économique, le changement climatique peut amplifier la situation précaire des couches défavorisées.

La vulnérabilité est accentuée par la fragilité économique et sociale d'une large part des exploitations agricoles. Sans politique d'appuis adaptés, les déséquilibres sociaux et la marginalisation de ces exploitations non viables ne pourront que s'aggraver avec la mondialisation et le changement climatique ; or, les études montrent que l'impact peut être plus réduit, si des progrès techniques, institutionnels et de gouvernance sont réalisés.

En effet, en ce qui concerne la grande agriculture, la réponse aux effets du changement climatique consiste dans les possibles avancées de la technologie, agissant sur le cycle végétatif, la résistance des espèces, des produits alternatifs, l'économie d'eau et l'agriculture de précision. Pour la petite agriculture qui ne possède pas les mêmes capacités, le problème se pose différemment. Il y a d'abord l'effet aggravant du changement climatique sur les terres dégradées, du fait de la gestion non rationnelle des ressources des parcours et des forêts, du surpâturage et de certaines pratiques agricoles inadaptées. Une déprise agricole et pastorale est enregistrée dans plusieurs régions et s'aggravera avec les effets d'assèchement et de dégradation. Du fait des sécheresses et de la volatilité croissante de la production agricole, la pauvreté rurale et les phénomènes d'exode vers les villes et vers l'étranger auront tendance à s'exagérer. On enregistrera une dégradation irréversible de certains paysages,

notamment ceux construits par l'homme, qui représentent des atouts importants pour le développement du tourisme, et qui sont des marqueurs importants du patrimoine.

### **Les enjeux pour les terrains de parcours**

Près de la moitié de la superficie du pays est désertique. L'autre moitié comprend 9,2 millions ha de terres cultivables, près de 6 millions ha de forêts<sup>4</sup>, 3 millions ha de nappe alfatière et 21 millions de terrains de parcours permanents, dont le statut juridique relève du collectif. 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 de terres de parcours et de terres mortes, ainsi que sur les limites de forêts ayant subi des défrichements. En corollaire, les parcours ont reculé de 23 Mha en 1977 à 21Mha aujourd'hui. Il y a donc un certain parallélisme entre recul des parcours et extension des surfaces cultivées. C'est là une des causes de dégradation des terres, car cette extension des cultures s'est faite localement sur des marges fragiles de terrains, où le pâturage extensif constituait une utilisation adaptée, permettant une certaine résilience, alors que la mise en culture a pu donner des résultats satisfaisants les premières années, mais qui ont très vite tourné court, suite à la dégradation superficielle des sols, notamment durant les premières pluies automnales.

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.

La productivité des parcours varie selon la position climatique et la nature du couvert (IAV HASSAN II- UTAH STATE UNIVERSITY, 1993-94). Celle du parcours forestier varie de 375 UF/ha en zone subhumide 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 Millions UF/an, variable selon la pluviométrie :

- La forêt (alfa non comprise) produit 1 à 1.3 milliard d'UF, soit 11% des apports globaux et 30% des apports naturels des parcours.

- L'alfa produit 286 M d'UF, notamment dans 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 et certaines zones du Présahara et du Sahara, ce qui représente 32% de la surface du pays ; ils produisent environ 3 milliards d'UF, soit 25% du bilan global.

En termes de surface, les parcours ont reculé de 0.6 à 1% par an (HCEFLCD 2013), mais la productivité théorique totale de ces parcours a montré une relative, quoique étonnante stabilité, 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.

### **Le maintien des équilibres écologiques et dynamiques de la montagne**

La montagne possède de multiples ressources naturelles et un véritable patrimoine en termes de biodiversité. Elle produit l'eau pour l'aval, à la fois l'eau régularisée par les barrages et les grosses sources, mais aussi des eaux de ruissellement non entièrement contrôlées, une partie étant dérivée pour l'irrigation alors que les eaux sauvages de crues sont destructrices dans les piémonts.

---

<sup>4</sup> Les statistiques regroupent le forêt, l'alfa et les arbres sahariens dispersés dans la même rubrique, pour des raisons juridiques (statut domaniale des terres). En fait, les 3 millions d'ha d'alfa, le million d'ha d'acacias sahariens et même une bonne partie du 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.

L'irrigation au sein de la montagne productrice de l'eau ne couvre que 16% de la SAU montagnaise, soit 22% des terres irriguées au Maroc, une superficie éclatée en petits terroirs le long des vallées, sauf dans le Moyen Atlas occidental où on peut avoir des espaces irrigués plus étendus (zones de pompages à partir des nappes karstiques).

L'augmentation du taux d'irrigation au sein de la montagne se heurte dans la majorité des cas à l'impossibilité d'étendre la SAU, du fait du relief et de la pente, mais elle reste possible, avec l'aménagement de plans de terrasses, pour diversifier la production et opter pour des cultures à plus haute valeur ajoutée, mais aussi pour relever les conditions de vie rurale et créer d'autres activités génératrices de revenus, le tourisme par exemple.

Plus d'eau utilisée en montagne représenterait sans doute une ponction supplémentaire par rapport au débit qui débouche en plaine. Mais cette soustraction peut être compensée par l'effet bénéfique d'une bonne gestion des terres. Car, en gérant mieux les eaux et les terres en amont, on peut améliorer la régulation des débits, plus profiter des eaux et éviter les effets d'érosion, d'envasement des retenues et d'inondation.

Sur les zones couvertes de forêt, de parcours fournis et de cultures denses en terrasses, soit dans une bonne partie de la montagne, le terrain absorbe une large part des eaux précipitées ce qui modère les écoulements. L'option de relever la biomasse permettra de les modérer encore plus. Ailleurs, là où règne la dynamique actuelle de dégradation (recul de la forêt et éclaircissement des parcours), le processus de réduction de l'infiltration relève la part des ruissellements sauvages, notamment lors des événements extrêmes. Cette tendance permet de maintenir et peut-être même d'augmenter les volumes d'eau superficielle produite, mais il s'agit d'une eau destructrice sur son parcours, qui emporte des sols, déstabilise des versants, cause des dégâts et amène aux retenues des barrages des matériaux solides d'envasement, réduisant ainsi la durée de vie de ces infrastructures.

Les forêts constituent une ressource importante pour la subsistance des populations locales et pour cela, les populations des montagnes ont été conduites à établir des formes traditionnelles de contrôle des forêts et des zones pastorales (HAMMI & al., 2010). Dans le Haut Atlas, ces systèmes communs de gestion des ressources fonctionnent sous le nom d'« agdal ». Dans la vallée d'Aït Bouguemez, (Haut Atlas central) les chercheurs ont utilisé des approches de télédétection, associées à la caractérisation de la structure forestière et à l'analyse des mécanismes sociaux, pour évaluer l'effet de la gestion traditionnelle des terres. Les résultats indiquent qu'au cours des 38 dernières années, les écosystèmes forestiers ont été globalement touchés par une diminution relative de 20,7 % de leur superficie totale et de 8,7 % pour le pourcentage moyen de couverture de la canopée. Mais, dans les agdal, ils ont mesuré au contraire une progression significative de la couverture de la canopée alors qu'une dégradation importante s'est produite à l'extérieur de ces espaces protégés par la communauté.

Il faudrait donc que les services techniques acceptent de reconnaître le rôle que peuvent jouer les formes traditionnelles de contrôle, en vue d'une meilleure gestion des terres agricoles, d'une biomasse forestière moins dégradée et de parcours mieux entretenus ; l'implication des communautés paysannes garantirait ainsi forcément plus d'infiltration ; il y aurait vraisemblablement un petit peu moins d'eau au barrage, du fait de l'évapotranspiration, mais l'eau qui y débouche sera moins chargée ; les ravins aujourd'hui destructeurs auront tendance à se cicatriser ; on obtiendra ainsi moins d'érosion des terres et plus de durabilité des infrastructures.

L'érosion et les crues se produisent souvent lors d'épisodes de forte intensité des pluies (HAMMI & al., 2010 ; SIMONNEAUX & al., 2015) - ce qu'illustre le cas de la crue de l'Ourika en 1999 - et beaucoup plus rarement après des précipitations de longue durée.

- Le premier cas donne des crues éclair (flash flood) avec des effets immédiats très graves. Contre elles, une bonne gestion des terres est une garantie à fort taux d'efficacité, du fait des ponctions réalisées par les sols plus filtrants sur la précipitation, en plus de l'effet de rupture du ruissellement joué par les dispositifs de cordons, de terrasses et de banquettes.
- Le second type cause, beaucoup plus rare en montagne sèche, mais assez fréquent dans la chaîne du Rif, entraîne des bouleversements majeurs, suite à l'imbibition généralisée des terrains, aussi bien les sols que leurs substrats, entraînant un fonctionnement en profondeur des mouvements de masse, une charge solide très élevée, à la limite de la lave torrentielle, et donc des risques d'envasement

élevés. Contre ces processus, l'efficacité des moyens physiques de terrassement est peu probable ; seule la biomasse peut jouer un certain rôle de ponction de l'eau en excès.

Dans le Haut-Atlas occidental, dans le bassin du Rheraya (SIMONNEAUX & al., 2015), la plupart des terrains en pente ne produisent annuellement que de 0,015 à 2,5 t /ha, tandis que dans les badlands les valeurs annuelles d'érosion peuvent atteindre 350 t /ha. Il faut pourtant rappeler que les eaux qui ont incisé ces badlands et produit ces grosses quantités de matériel, proviennent de champs de culture mal gérés ou de parcours dégradés situés en amont. Vers l'aval, une bonne partie de ces matériaux se dépose en cours de route, c'est pourquoi le rendement moyen annuel des sédiments mesuré à la sortie du bassin versant n'est que d'environ 4 t / ha. Les relais entre processus sont donc fondamentaux à cerner, pour pouvoir réussir des options d'aménagement avec des chances de succès.

Le changement climatique risque de générer surtout les processus de chutes pluvieuses intenses et d'écoulement à débit élevé, à travers ce que l'on appelle communément les événements extrêmes. Les modèles (Gomme & al., 2009) projettent une baisse des pluies d'hiver, celles qui normalement produisent l'eau en abondance, en superficie comme en souterrain, et une hausse des événements intenses estivaux, avec des orages en accentuation sur des terres dénudées, causant une érosion très importante. Dans les recherches menées sur le bassin du Rhéraya (SIMONNEAUX & al., 2015), il ressort des simulations du modèle météorologique ARPEGE pour les périodes 1960-1990 et 2070-2100 que malgré la réduction des précipitations annuelles de 10 à 14 %, mais avec plus de précipitations en été et en automne, la production de sédiments pourra s'accroître de 4,7 à 10,1 %. Les auteurs considèrent néanmoins que les changements d'utilisation des terres pourraient potentiellement induire des changements beaucoup plus importants.

Pour s'adapter, il faut donc couvrir au maximum les versants servant de parcours extensifs et les gérer de façon à permettre la restauration des plus dégradés. Il faut aussi prêter plus d'attention aux terrains de la SAU, en y réalisant le maximum de dispositifs de piégeage de l'eau ou de réduction de l'intensité d'écoulement. On aurait ainsi peut-être moins de débit global mais plus de succès agricole, plus de biomasse pour l'élevage et moins de risques en aval.

Les petits exploitants considérés aujourd'hui comme les principaux responsables de la dégradation de la biomasse, par la surexploitation de bois d'énergie et le surpâturage en forêt comme dans les parcours, seront eux les seuls restaurateurs possibles de ces écosystèmes ; mais on ne pourra garantir cette option que si on les implique dans le processus de gestion et si on arrive à les mobiliser dans cet objectif. Sinon, toute autre opération lancée en dehors de leur participation, ne pourra être que vaine.

### **III- Les actions de protection-restauration et évaluation de leurs effets potentiels**

La question qui reste posée est la suivante : si on applique en montagne, des actions bien réparties et bien ciblées de Gestion Conservatoire des Eaux et des Sols « GCES » (Roose, 1994), couplées avec une certaine extension de l'arrosage des cultures et l'adduction d'eau pour la population et pour le fonctionnement de nouvelles activités, quelles peuvent devenir les marges de fourniture d'eau aux barrages ? Par ailleurs quel va être le coût de ces aménagements ?

Pour répondre à ces questions, il faudrait avoir quantifié l'effet projeté du changement climatique, pour estimer l'effort nécessaire d'adaptation, qui exigera de réaliser des actions spécifiques, à même d'apporter des réponses à ces situations. Ensuite, il faudrait pouvoir garantir la durabilité du suivi et une évaluation permanente de l'efficience

Au Maroc, certaines réussites effectives et non contestées ont été enregistrées à l'échelle expérimentale, notamment dans le cadre de travaux de recherche, ou à l'échelle d'une communauté sociale, généralement en partenariat avec un organisme étranger, aussi bien dans le domaine de la conservation des ressources naturelles que celui de l'amélioration de la qualité de vie des habitants.

Exemple de ces réussites, à Zawiat Ahnsal, située dans le Haut Atlas central (Wright, 2020), une association composée de bénévoles, ayant grandi dans le village, de retour après leur scolarité, a conçu un système de distribution d'eau courante dans presque toutes les maisons du village. À la suite de ce projet, le village a constaté une augmentation du nombre d'enfants allant à l'école et une amélioration de la qualité de vie des femmes parce qu'elles n'avaient plus à passer autant de temps à obtenir de l'eau pour le ménage. Les mêmes réussites sont notées au sujet de l'action environnementale.

Mais il ne faut pas se leurrer et penser généraliser le côté positif de ces réussites à des espaces étendus, car, ce qui est visé par la problématique de l'eau, c'est une réponse globale à l'échelle d'un large territoire, sinon à celle du pays. Le changement ne pourra être considéré comme réussi que si une masse critique de réussites locales est effectivement mise en route. D'autant plus que ces réussites locales se font dans un cadre non garanti par des textes législatifs officiels.

Au Maroc, plusieurs vocables ont été utilisés pour nommer les opérations de gestion durable des terres : la « DRS » ou défense et restauration des sols, la « LAE » la lutte antiérosive, la « CES » Conservation des eaux et des sols. Dans les faits, cela rejoint la RTM ou Restauration des terres de montagne, conduite en France dans les Alpes. Il s'agit de techniques de génie civil au coût élevé, exigeant une expertise d'ingénieurs et un temps de réalisation assez long et qui ont été plus ou moins couplées avec du végétal. En France, la réussite de la RTM, malgré l'opposition des usagers des terres, s'explique avant tout par la déprise humaine en région de montagne et la baisse de la pression sur les ressources. Au Maroc, par contre, globalement, la densité rurale n'a pas baissé, sauf dans certains secteurs particuliers comme l'Anti Atlas ou les Béni Snassen, zones d'émigration intense et cela dès la première moitié du 20<sup>ème</sup> siècle. Mais on peut aller plus loin dans la réflexion et se demander : la déprise rurale est-elle bénéfique pour les campagnes marocaines et peut-elle régler le problème de dégradation des terres ? En fait, la forte densité humaine n'est pas forcément négative :

- Dans les portions ayant conservé un sol équilibré, avec de simples changements de techniques de culture ou de gestion de la biomasse, on peut arriver à une certaine restauration écologique, renforçant la résilience du terrain face aux événements intenses.
- Dans les terroirs aménagés traditionnellement par l'homme, l'abandon des dispositifs existants, sans entretien ni réparation, peut mener à des formes de dégradation inattendues, avec notamment le fonctionnement de mouvements de masse.
- Dans les terrains dénudés et au sol dégradé, l'arrêt de la mise en culture ne permet pas automatiquement la reprise du couvert végétal ; des griffes et ravines peuvent s'installer, accélérant la dégradation et créant des paysages de badlands.

La Gestion durable des Terres (Roose, 1994), avec une intensification raisonnée, fondée sur l'exploitation des potentiels et la gestion des états de surface du sol semble être le choix optimal. Cela suppose un développement socio-économique et humain, une diversification des revenus des ménages et l'implication créatrice et innovante des acteurs locaux. Un levier fondamental de ce processus consiste dans la responsabilisation des acteurs locaux vis-à-vis de l'ensemble des ressources naturelles de leur terroir, grâce à la reconnaissance des droits d'usage des communautés vis-à-vis des ressources forestières et fourragères des finages qu'ils ont traditionnellement considérés comme appartenant à leur tribu (Lazarev, 2009). Seul le renouvellement de la reconnaissance de ces droits d'usage permettra d'obtenir la confiance des usagers de la forêt et des parcours et par là leur entière implication dans la protection positive de ces ressources.

Pour le financement de cette gestion durable de l'eau et des terres, adaptée au changement climatique, de nouveaux concepts sont opportuns : le paiement par les utilisateurs aval de l'eau, des Services environnementaux et de l'effort conservatoire de richesses, déployé par les habitants de l'amont. On peut aussi évoquer l'outil de paiement des crédits Eau verte (Guillaume, 2016), c'est-à-dire l'augmentation de la part des eaux infiltrées dans le sol, responsables de la densité des levées d'herbacées et de cultures et de la croissance des grands végétaux. Ces outils créeraient des situations doublement gagnantes, en permettant de garantir la disponibilité d'eaux régulières, non dangereuses en aval, aussi bien à travers les sources que des infrastructures de barrages et d'améliorer la productivité agraire et végétale en montagne, ce qui retient les sols, mais aussi les «hommes», relève les revenus et peut créer des emplois supplémentaires.

## **Conclusion**

Le Maroc se doit de concevoir une stratégie reliant des actions environnementales pertinentes, à composante agro-sylvo-pastorale avec le souci de développement des territoires montagneux du pays et d'amélioration du niveau et de la qualité de vie de leur population rurale, notamment les petits exploitants qui vivent en bonne partie des prélèvements sur les ressources naturelles.

Le développement durable de ces territoires signifie l'instauration d'une sécurité alimentaire, d'un équilibre écologique des sols, de la biomasse et de la biodiversité et d'un bilan hydrique caractérisé par la disponibilité de l'eau en réponse aux besoins. L'aménagement des terres et des eaux doit permettre d'instaurer l'avantage aux processus modérés et de réduire au maximum les mécanismes de déstabilisation.

Cette situation aurait pour corollaire une amélioration des revenus, dans un contexte de renouvellement des systèmes de production et d'exploitation des ressources, ce qui permettrait un développement rural, condition essentielle pour la viabilité de ces systèmes et leur renouvellement. On avancerait ainsi en même temps dans l'acquisition de capacités d'application de techniques avancées de gestion de l'eau et des terres, et en même temps le développement humain permettrait d'obtenir les conditions d'implication des utilisateurs des ressources et de les mobiliser en tant qu'acteurs en possession de négocier les solutions les plus pertinentes en matière d'adaptation au changement climatique, et même leur participation à l'effort d'atténuation pour lequel le Maroc a fait le choix d'apparaître comme un partenaire modèle.

Le développement global de la montagne marocaine requiert une vision nationale intégrée. Il suppose des voies de développement global qui créent des richesses et en même temps permettent de sortir cet espace de son enclavement ; la seule action sur la gestion des ressources naturelles devrait permettre de récupérer en montagne au moins un tiers des ruissellements non contrôlés ; les productions seraient ainsi relevées en volume et en qualité; des paysages seraient réhabilités ou même construits ; d'autres activités pourraient s'y installer. Il suppose aussi un système de péréquation qui permette une réelle symbiose spatiale entre montagnes et bas pays, par l'invention de systèmes de bénéfice conjoint avec retour vers la montagne d'une partie des gains qu'elle offre à l'aval et en même temps permettre aux plaines, de profiter au mieux des ressources offertes sans trop subir les impacts de dégradation issus de la montagne.

## **Bibliographie**

- AÏT-KADI M. ET GUILLAUME B., 2010 «Le Pilier II du Plan Maroc Vert: pour des dynamiques d'adaptation de la petite agriculture au changement climatique», in Lettre de veille du CIHEAM n°12.
- BECK, H.E., ZIMMERMANN, N.E., MCVICAR, T.R., VERGOPOLAN, N., BERG, A., WOOD, E.F., 2018. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Scientific Data* 5, 1–12
- BENABID A. 1992: Dégradation des écosystèmes forestiers marocains. Publ. Comité Environnement, Rabat, p. 79-84.
- BOUJROUF S., 1996 « La montagne dans la politique d'aménagement du territoire au Maroc : principes de zonage et d'aménagement », in *Revue de Géographie Alpine*, n°4, p. 95-108.
- CESE, 2014 : La gouvernance par la gestion intégrée des ressources en eau au Maroc, levier fondamental de développement durable.
- CGDA, CONSEIL GENERAL DE DEVELOPPEMENT AGRICOLE 1999: Stratégie 2020 de développement rural, 293p.
- CGDA, CONSEIL GENERAL DE DEVELOPPEMENT AGRICOLE, 2009 : Atlas de l'Agriculture marocaine, 143 p.
- 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., EL ABBASSI H. et LAOUINA A., 1996 : Montagne, piémont, plaine: Investir dans les techniques de CES au Maroc oriental; in *Techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en Afrique*. Direction de REIJ C., SCXOONES I., et TOULMIN P., CTA- CDCE-KARTAHALA, pp. 75-86.
- CONACHER A. et SALA M., Eds., 1998 *Land degradation in Mediterranean environments of the world*, Wiley, , 491p.
- CONSEIL SUPERIEUR DE L'EAU, 1991: Aménagement des bassins-versants et protection des barrages contre l'envasement, Rabat, 5ème session, multigr., 75p.



- DEPARTEMENT DE L'ENVIRONNEMENT 2008 : Etude pour la réalisation d'un SIG sur les risques majeurs au Maroc, le risque d'inondation.
- EMBERGER, L., 1936: "Remarques critiques sur les étages dans les montagnes marocaines" Bull. soc.Suisse. Vol. Tub., Inst. Rübel, 46, 614-631
- FAO/PNUD, 1987 Développement et aménagement des zones de montagne du Haut Atlas central, volumes I et II, Rapport au gouvernement marocain.
- GOMMES R., EL HAIRECH T., ROSILLON D., BALAGHI R., KANAMARU H., 2009, Impact des changements climatiques sur les rendements agricoles au Maroc, World Bank, 105p.
- GUILLAUME B. 2016 : Eaux bleues, Eaux vertes, Échanges Med actualités n° 40 – Mars /Avril.
- HCEFLCD 2013: Le PANLCD, Actualisation et adaptation aux spécificités zonales, 126p.
- HERZENNI A. 1993: Gestion des ressources et conditions du développement local dans la haute montagne de la province d'Azilal, in Bencherifa (ed.) Montagnes et hauts pays d'Afrique, Publ. Fac. Lettres, Rabat, sér. Colloques et séminaires, n°29, p. 333-346.
- HUNINK J., TERINK W., DROOGERS P., REUTER H. & HUTING J., 2011, Towards a Proof-of-Concept of Green Water Credits for the Sebou Basin, Morocco, Report FutureWater98, Wageningen, 68p.
- IAV Hassan II- Utah State University 1993-94 : Le développement des zones de parcours au Maroc.
- LAOUINA A (1998): North Africa, in Land Degradation in Mediterranean Environments of the World, Ed. Conacher & Sala, Wiley, p. 91-108.
- LAOUINA A., CHAKER M., NACIRI R. et NAFAA R. 1993. L'érosion anthropique en pays méditerranéen: le cas du Maroc septentrional; Bull. Ass. Géogr. Franç., Paris, 5, p. 384-398.
- LAOUINA A., COELHO C., RITSEMA C., CHAKER M., NAFAA R., FENJIRO I., ANTARI M., FERREIRA A. & VAN DIJCK S. 2004 : Dynamique de l'eau et Gestion des terres dans le contexte du changement global, analyse agro-hydrologique dans le bassin du Bouregreg (Maroc), Sécheresse, vol. 15, n° 1, p. 66-77.
- LAZAREV G. 2009. La gouvernance territoriale et ses enjeux pour la gestion des ressources naturelles. Des approches novatrices pour lutter contre la désertification et la dégradation des terres et des eaux. In UNCCD Studies on Désertification, Dégradation des terres et Sécheresses. Bonn: Issue Paper n° 3, 54 p,
- MAMVA – Agroconcept 1995 : Plan National d'Aménagement des Bassins-versants.
- MARCHANE A., TRAMBLAY Y., HANICH L., RUELLAND D. & JARLAN L. 2017: Climate change impacts on surface water resources in the Rheraya catchment (High Atlas, Morocco), Hydrological Sciences Journal, 62:6, 979-995
- MARGAT, J. 1995. Perspective des pénuries d'eau au Maghreb. In: Eau, Gestion de la rareté, colloque international de l'Am. des Ing. Mar., Ponts et chaussées, 1. p. 147-170.
- MATEE (Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement, 2003 : Le schéma national d'aménagement du territoire, synthèse, 137 p.
- MOKSSIT, A. & EL KHATRI, S., 1995. La sécheresse dans le climat marocain. In: Eau, Gestion de la rareté, colloque international de l'Am. des Ing. Mar., Ponts et chaussées, 1. p. 147-170.
- NACIRI M. 2002, Les montagnes marocaines, Ed. Ministère de la culture, 272 p. (en Arabe).
- TAÏBI N.A., EL HANNANI M., EL KHALKI Y. et BALLOUCHE A. 2019 Les parcs agroforestiers d'Azilal (Maroc) : une construction paysagère pluriséculaire et toujours vivante. Revue de géographie alpine, 107-3, p. 1-17.
- PASCON P., VAN DER WUSTEN H., 1983: Les Beni Bou Frah, essai d'écologie sociale d'une vallée rifaine, Rabat, IURS, 297p.
- PEEL M. C., FINLAYSON B. L. & MCMAHON T. A.. 2007, Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, European Geosciences Union, 11 (5), p.1633-1644

- ROCHDANE S., REICHERT B., MESSOULI M., BABQIQI A. & YACOUBI KHEBIZA M. 2012: Climate Change Impacts on Water Supply and Demand in Rheraya Watershed (Morocco), with Potential Adaptation Strategies, *Water*, 4, 28-44
- ROOSE E., 1994. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Bull. Pédol. FAO. N°70, 420 p.
- RUF, T. 2004 Le système irrigué comme territoire. *Territoires en Mutations*, 12, 51-62.
- SAIDI M.E, DAOUDI L., ARESMOUK M.E.H. et BLALI A., 2003 Rôle du milieu physique dans l'amplification des crues en milieu montagnard, exemple de la crue du 17 août 1995 dans la vallée de l'Ourika (Haut-Atlas, Maroc). *Sécheresse*, Volume 14-2, Paris, , p. 107-114.
- SAIDI ME., BOULOUMOU Y., ED-DAOUDI S. & ARESMOUK MEH, 2013 Les crues de l'oued Issil en amont de Marrakech (MAROC) *European Scientific Journal* vol.9, No.23, 189-208
- SCHILLING J., FREIER K. P., HERTIG E. & SCHEFFRAN J. 2012: Climate change, vulnerability and adaptation in North Africa with focus on Morocco *Agriculture, Ecosystems and Environment* 156, 12– 26
- SEBBAR A. 2013, Etude de la variabilité de la pluviométrie au Maroc 1935-2005 : Réactualisation de la carte de précipitations, Thèse de doctorat, Université Hassan II Mohammedia-Casablanca, Faculté des Sciences de Ben M'sik, 171 p.
- SIMONNEAUX V., CHEGGOUR A., DESCHAMPS C., MOUILLOT F., CERDAN O. 2015: Land use and climate change effects on soil erosion in a semi-arid mountainous watershed (High Atlas, Morocco). *Journal of Arid Environments*, Elsevier, 2015, 122, pp.64-75.
- SIMONNEAUX, V., HANICH L.; BOULET G.; THOMAS S.: 2008: Modelling runoff in the Rheraya catchment (High Atlas, Morocco) using the simple daily model GR4J. Trends over the last decades. In *Proceedings of the 13th IWRA World Water Congress 2008*, Montpellier, France.
- TRAMBLAY Y., RUELLAND D., SOMOT S., BOUAICHA R., & SERVAT E. 2013 : High-resolution Med-CORDEX regional climate model simulations for hydrological impact studies: a first evaluation of the ALADIN-Climate model in Morocco, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 3721–3739.
- WRIGHT E., 2020. An Investigation into Morocco's Water Crisis, *WWU Honors Program Senior Projects*. 358. [https://cedar.wvu.edu/wwu\\_honors/358](https://cedar.wvu.edu/wwu_honors/358)