

Transformations agraires et risque d'érosion dans les collines de Tatoft (région de Ksar el Kébir, Loukkos) Maroc.¹

A. Laouina², M. Chaker², R. Nafaa³, C. Coelho⁴, A. Ferreira⁴, A.K. Boulet⁴ & T. Carvalho⁴

Résumé

Dans les collines marno-calcaires de Tatoft (région de Ksar el Kébir), les transformations agraires au cours du 20^{ème} siècle sont restées limitées, en comparaison avec les évolutions qu'a connues le périmètre irrigué proche, du Loukkos. L'évolution est due à des efforts d'intensification des cultures par l'introduction d'un paquet technologique varié et de cultures nouvelles, exigeantes en fertilisants, en eau et en efforts de préparation du lit de semences.

Le comportement des terres est sous l'effet de plusieurs facteurs : en plus des structures agraires défavorables (émiettement des exploitations et disposition des parcelles en longueur sur les pentes), des techniques de travail du sol (généralisation de la mécanisation et pratique du labour selon la pente), la gestion de la biomasse du sol (absence d'apport de fumure, faible taux de recouvrement végétal du fait de la dégradation des parcours naturels et de la consommation pastorale des restes de cultures) explique la dégradation des sols de ces collines marneuses et l'importance des processus de ruissellement.

Des travaux d'observation, d'analyses comparatives des sols et d'expérimentation de leur comportement face aux chutes d'eau, par la technique de simulation des pluies ont permis de dresser une gradation des risques d'érosion, en fonction des modes de gestion des parcelles.

Mots clés : Maroc, Loukkos, Transformations agraires, Erosion des sols, Gestion de la biomasse, Simulation des pluies.

Abstract

In the hilly region of Tatoft (Ksar el Kébir), the agricultural transformations during the 20th century were limited, compared to those which occurred in the irrigated perimeter of the Loukkos. The evolution is related to the efforts of intensification by the introduction of a varied technological package and new cultivations, needing more fertilizers, water and preparation of the cultivation.

The land behaviour is under several factors: the unfavourable agrarian structures (small size of the exploitations and their longitudinal disposal along the slope), the cultivations' techniques (generalisation of mechanisation and ploughing along the gradient), the soil biomass management (absence of manure supply and weak recovering of the soils by vegetation, due to pastures degradation) all these factors explain the soil degradation in these marl hills and the importance of runoff processes.

Field observation, comparative analysis of the soils and experimentation of their behaviour under artificial rain supply (rain simulation) permitted the classification of erosion risks in relation with the ways of land management.

Key words : Morocco, Loukkos, Agricultural transformations, Soil erosion, Biomass management, Rain simulation,

¹ Travail réalisé dans le cadre d'un projet en coopération, financé par l'UE, en étroite collaboration avec l'équipe du Département d'environnement de l'Université d'Aveiro).

² Université Mohammed V, Rabat, Chaire Unesco-GN «Gestion de l'environnement et développement durable».

³ Université Hassan II, Mohammédia.

⁴ Université d'Aveiro, Departamento de Ambiente, Portugal.

Introduction

Les transformations agraires dans les régions fragiles du Maroc ont des impacts sur le système «sol-eau-production des terres», in situ sur la parcelle de terre et en aval à la suite des transferts hydriques et de matériaux (Coelho & al., 2000, Heusch, 1970, Laouina & al., 2000). Une différenciation importante apparaît, en fonction de l'utilisation des terres et de l'état de surface des sols. C'est pourquoi il a fallu adopter une approche pour suivre ces phénomènes :

-l'identification des formes d'utilisation des terres et des changements agraires en cours, notamment en terme de recouvrement des sols lors des phases les plus critiques et de pratiques de travail du sol pour la mise en place et pour la conduite des cultures ;

-l'appréciation des comportements des terres, en fonction de la typologie dressée et des impacts des changements d'affectation ou de techniques, sur la stabilité des champs et des versants, sur la dynamique des processus de ruissellement et de dégradation des sols, ainsi que sur la nature même de ces processus (apparition ou exagération de rigoles ou de ravines, par exemple).

Au cours des deux hivers exceptionnellement humides 95-96 et 96-97, au Maroc, des changements importants en terme de processus sont intervenus, avec une différenciation très claire selon les espaces cultivés. Mais les nuances régionales sont très importantes.

Dans la région de Ksar el Kébir, alors que les terrains céréaliers ont bien résisté à des pluies continues et d'intensités élevées, les terrains en jachère et les champs de betteraves ont été fortement abîmés, du fait du fonctionnement du ruissellement en rigoles. Dans les terrains en jachère prolongée, de petits ravins collecteurs ont fonctionné et ont évolué en ravines profondes. Dans les champs de betteraves, des rigoles de petite taille se sont incisées le long des sillons ; la technique et la nature des levées en lignes, séparées par des sillons, le long de la pente sont ici responsables d'une dégradation exceptionnelle.

1- Méthodes

Pour apprécier l'impact des transformations agraires au niveau de l'érosion des sols, nous avons procédé à une étude diachronique des formes d'érosion, en nous basant sur les photos aériennes de 1986 comparées à l'analyse de la situation actuelle sur le terrain. L'observation directe des champs et de petits bassins versants et le suivi de la surface, dans ces sites a constitué un outil fondamental (Laouina & al., 1993, Muxart & al., 1990, Nafaa, 1997). Par ailleurs, et à cause des comportements variés, il a fallu procéder à une approche plus systématique d'observation, par l'utilisation de la technique de simulation des pluies (Coelho & al., 2000). Cette technique⁵ permet en un laps de temps assez court, d'observer le comportement de la surface du sol face à une précipitation de volume et d'intensité connus. On peut observer l'imprégnation du sol par infiltration de l'eau, repérer le moment où le refus d'infiltration permet à l'eau de ruisseler, observer les changements d'états de surface du sol et notamment la constitution d'organisations pelliculaires superficielles.

Plusieurs paramètres ont été suivis et mesurés, notamment l'humidité des sols (humidité initiale, évolution de l'humidité et humidité de saturation ou de stabilisation), le ruissellement (déclenchement, évolution, fréquences et infiltration finales), la perte en terre (la charge en sédiments exprimée par la turbidité en g/litre et la dégradation spécifique en g/m²). Les précipitations ou les phases de sécheresse qui ont précédé les tests ont beaucoup influencé la réponse des différents sites à la simulation.

La différenciation entre les sites se fait en fonction des deux types d'utilisation du sol dominants dans la région :

⁵ Le travail que nous présentons se base sur la simulation de la pluie à une intensité standard de 50 mm/h (0.83 mm/mn). La durée de la simulation n'a pas été pour tous les tests d'une heure, car sur sol saturé, le ruissellement a été rapide et important et la simulation a été arrêtée à la 40e ou la 50ème minute. Les expérimentations ont été réalisées en saison sèche (fin de l'été-début de l'automne 1998 et 1999) et en saison humide (janvier 2000).

-Les terres de culture : céréales, labour traditionnel, jachère, cultures industrielles de betterave, sol nu ensemencé.

-Les terrains de parcours : parcours conservé au sol épais et bien structuré, jachère ancienne à fonction pastorale, parcours dégradés, parcours très dégradés sur sol épais, ou sur sol tronqué et sentier de passage à marne affleurante.

2- Présentation des sites étudiés

La région de Tatoft présente un intérêt particulier, puisqu'elle intègre à la fois un massif montagneux, couvert par une forêt de chêne-liège, et de basses collines réservées essentiellement aux cultures et au pâturage. Des transformations agricoles et rurales sont en plein développement, en relation avec la proximité des villes de Larache et Ksar-el-Kébir et du périmètre irrigué du Loukkos.

Dans les collines marno-calcaires de Tatoft, l'habitat est groupé en douars sur les sommets de collines, pour des raisons de sécurité et de solidarité, à proximité de l'eau des sources et pour s'éloigner des fonds boueux. Le finage est remarquablement organisé puisque chaque douar possède un micro-terroir de jardinage, où les cultures sont étagées, un parcours collectif ouvert sur le douar et un large terroir de céréaliculture, de légumineuses et le lieu d'extension des cultures industrielles (fig. 1).

Sur les pentes fortes, autour des villages, les cultures vivrières sont mêlées aux oliviers greffés sur oléastres. Les cultures céréalières couvrent environ 70% de la surface, suivies de l'olivier et des cultures industrielles. Sur les basses collines et sur le bas des versants, aux sols tirsifiés plus épais, la betterave, les légumineuses et le tournesol ont tendance à remplacer les cultures céréalières. Les jachères servent de terrains de parcours. En été les troupeaux sont conduits vers les chaumes jusqu'après la première pluie d'automne. Les sous-produits des cultures (paille, feuillages, chaumes) et la jachère sont largement surpâturés et ne jouent pas un rôle d'écran efficace face à l'agressivité des pluies et du ruissellement superficiel. Lors des phases de sécheresse, les restes de matorral deviennent la seule ressource compensatrice.

Sur les bas de pente des collines marneuses et marno-calcaires, les sols sont lourds et profonds, alors que sur les sommets et à mi-versant, ils présentent un profil peu évolué. Vers l'aval, dans les fonds de vallons, les sols deviennent plus épais à cause du colluvionnement. Il s'agit de sols d'apport, de profil AC, riches en argile et dépassant 1.5 m d'épaisseur. L'analyse de quelques échantillons a montré la richesse en calcaire des sols sur marnes et une capacité d'échange d'environ 45%. Quant à la matière organique, son taux reflète l'utilisation du sol : c'est le champ en jachère qui indique le taux le plus élevé (3.27%), alors que les terres cultivées en céréales ou en tournesol contiennent très peu de matière organique. Dans les terres de parcours, le taux n'est pas plus élevé et varie de 0,7 à 1,9%.

Tabl. 1 : Caractéristiques des sols cultivés

Utilisation	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)	Matière organique (%)	CaCO3 (%)
Terrain céréalier ⁶	54.5	35.7	9.7	2.32	6
jachère ⁷	56.3	35.3	8.4	3.27	5
Chaume de tournesol ⁸	50.9	15.7	11.2	0.71	24
Semis de Céréales ⁹	40.2	38.2	9.4	0.60	9

⁶ -Parcelle de sol nu, fraîchement labouré.

⁷ -Parcelle en jachère d'une année, avec des fissures de rétraction larges et profondes, alors que la paille et les herbacées asséchées couvrent 30% de la surface au début de l'automne.

Les profils des hauts des versants et des pentes moyennes sont tronqués. Ces sols sont peu évolués et leur texture est très comparable à la roche mère marneuse. Le défrichement ancien du couvert végétal naturel et l'installation des cultures annuelles sur ces versants vulnérables, ont eu comme résultat une dégradation avancée, sous forme de griffes généralisées mais souvent voilées par les cultures. Les champs à culture mixte céréales/plantations sont en général peu atteints par le ravinement. Par contre, toutes les terres de monoculture hivernale (céréales, betterave) ou printanière (légumineuses, maïs et tournesol), sont endommagées. Dans les champs de betterave ou de cultures en lignes, les rigoles sont plus visibles et persistent, notamment là où le labour se fait dans le sens de la plus forte pente.

3- Transformations agraires

Jusqu'au 20ème siècle, le mode d'utilisation est resté traditionnel, basé sur une technologie archaïque, la culture de subsistance et le parcours extensif, dans un cadre de complémentarité entre la forêt de la montagne proche et les terres de cultures des reliefs de collines. Les premières transformations modernes ont été introduites par les colons espagnols qui se sont accaparés 800 ha de terres fertiles, repoussant les habitants vers les collines. La modernisation agricole a engendré des mutations socio-économiques importantes dans les basses plaines du Loukkos, alors que les terres en bour non aménagées ont connu l'exode rural vers les villes.

La région a connu des transformations agricoles, en particulier une extension de la SAU sur des terrains instables et plus tardivement l'introduction de cultures modernes industrielles exigeant tout un arsenal de techniques (mécanisation du labour, gros engins de moisson et de collecte (moissonneuses-batteuses, camions, etc.) et d'intrants chimiques.

La région n'a pas beaucoup évolué depuis l'indépendance et n'a été que partiellement intégrée dans les aménagements hydrauliques et ruraux de la région. On enregistre des efforts d'intensification des cultures par l'introduction d'un paquet technologique varié et de cultures nouvelles, exigeantes en fertilisants, en eau et en efforts de préparation du lit de semences.

L'élevage est de plus en plus intensifié car la stabulation et la complémentation deviennent nécessaires alors que la vaine pâture devient de plus en plus secondaire. Sous les effets de l'évolution démographique, des moyens mécaniques disponibles et de la forte demande en productions vivrières destinées en grande partie à l'autosuffisance des populations locales, la jachère, largement pratiquée auparavant, ne semble plus être une stratégie importante dans les systèmes de production.

3-1-Les parcours collectifs, source d'une érosion importante.

Les parcours collectifs gérés par la Jmaà, occupent des sols inaptes à la culture, proches des douars et étaient constitués d'oléastres et de lentisques. Mais du fait de la charge, cet espace de plus en plus réduit, ne satisfait plus les besoins en pâturage et en bois de feu et connaît un grignotage progressif par l'habitat et les cultures annuelles. Le matorral dense arboré, constitué de lentisque et d'oléastre, ne subsiste actuellement que sous forme de haies vives et à proximité des marabouts. Ailleurs, la végétation secondaire dominante des parcours est le palmier nain, à touffes de thym, en plus d'annuelles comme l'asphodèle et la carotte sauvage ; les graminées et les légumineuses sont sur-pâturées.

⁸ -Sol épais, labouré l'année d'avant au tracteur ; ayant conservé les sillons du labour et les chaumes de tournesol ; les mottes ne sont pas totalement effacées.

⁹ -Sol nu fraîchement labouré au tracteur selon la pente ; la structure du sol est très aérée.

L'étude diachronique des formes d'érosion dans les parcours des douars de Bakkara et d'El Biar montre que ces parcours étaient déjà fortement ravinés en 1986, essentiellement autour des douars et le long des axes empruntés quotidiennement par le bétail. Le sol est fortement décapé, gardant des buttes de palmier nain, dont les racines sont mises en saillant et exposées au dessèchement rapide. La roche mère affleure à nu dans les couloirs évidés. Dans les secteurs dégradés, le ruissellement s'organise à l'amont des collines pâturées, d'où les fortes incisions sur les bas de versants. Le ravinement est accompagné de glissements en pans dès que la couverture colluviale est déstabilisée par une entaille vive. La vitesse des glissements et l'élargissement des ravines sont favorisées par la forte fissuration du sol argileux.

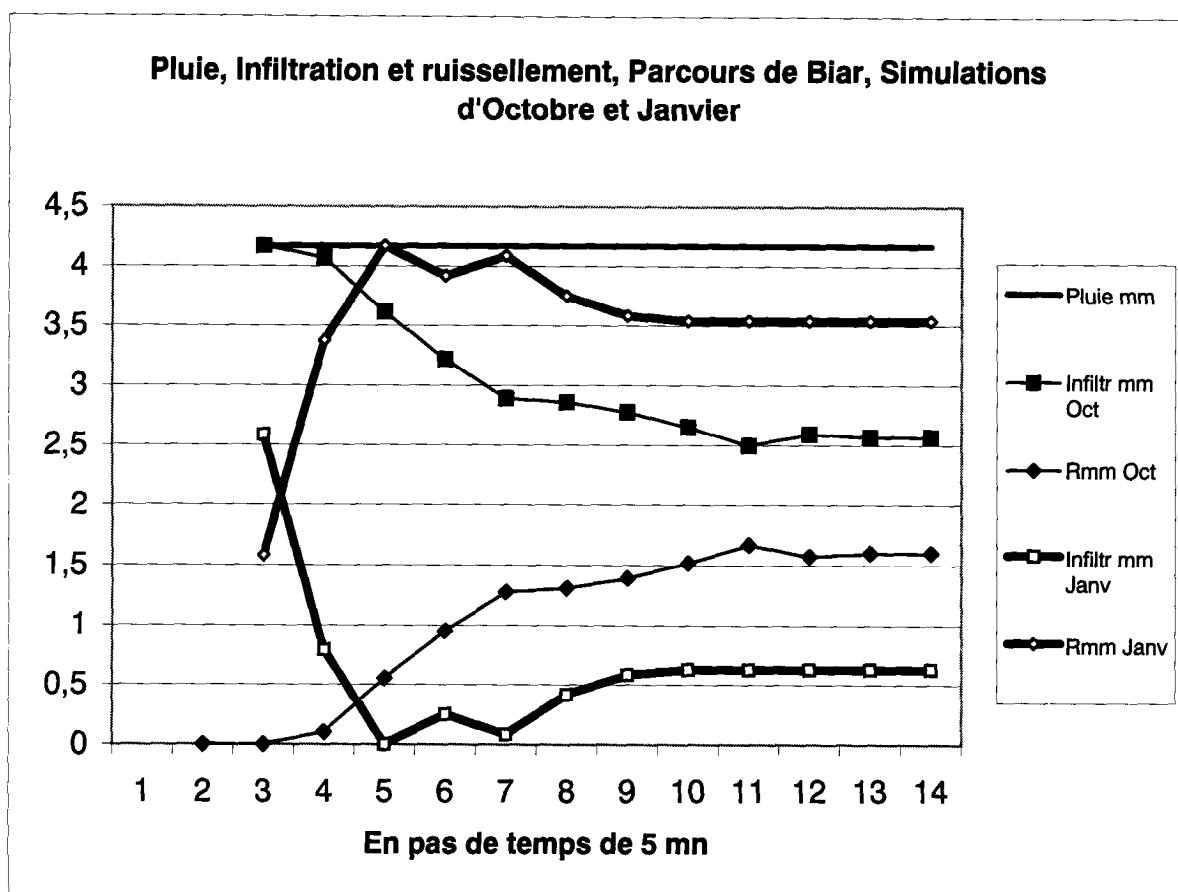


Fig. 4: Pluie, Infiltration et ruissellement, Parcours de Biar, Simulations d'Octobre et Janvier

3-2-Evolution du paysage agraire et érosion des terres agricoles (fig. 1).

La proximité du périmètre irrigué du Loukkos (Office de Mise en Valeur Agricole) a influencé les terres *bour* (en sec) de Tatoft en terme de modernisation des activités et des techniques agricoles. Ainsi, les photos aériennes de 1961 ne montrent qu'un paysage ouvert, où la céréaliculture et l'élevage extensif dominant largement. Les versants exposés au Nord, moins ensoleillés, sont souvent arborés (olivier et figuier), alors que ceux du sud, plus secs, sont réservés aux cultures céréalières. Dès 1986, le parcellaire devient plus prononcé et gagne le sommet des collines. Les îlots arborés restent limités, occupant quelques versants exposés au Nord. Le labour mécanisé, effectué dans le sens de la pente a déjà été introduit dans le secteur de Tatoft. En fait, les grandes transformations du paysage agraires sont plus récentes, liées particulièrement aux l'interventions de l'ORMVAL dans ce secteur en bour.

Selon le Recensement Agricole de 1996, la surface moyenne de l'exploitation est de 4 hectares, subdivisée en parcelles, dont la surface moyenne est de 0,54 ha. La céréaliculture reste la forme d'occupation dominante, avec 56% de la SAU, la jachère 17%, les légumineuses 5% et les cultures industrielles 15% (betterave en particulier). Les cultures industrielles ont été introduites dans les meilleures terres et ont intégré un système de production de plus en plus mécanisé, au labour profond, effectué dans le sens de la pente. Les légumineuses sont de plus en plus abandonnées à cause de la chute des rendements suite à leur invasion par une plante dévastatrice.

Les données de l'enquête¹⁰ effectuée en 1998, ont révélé l'état d'éparpillement des champs. Plus de 70% des parcelles sont inférieures à 4 hectares et 50% à 2 hectares. Le nombre moyen de parcelles dans une exploitation, varie de 2 à 5 parcelles. Malgré l'éparpillement des parcelles, l'habitat reste groupé, ce qui pourrait favoriser le remembrement des terres.

Le morcellement des terres constitue une contrainte; les parcelles les plus proches sont travaillées régulièrement, alors que les parcelles lointaines sont louées ou utilisées pour le parcours. Mais on remarque aussi l'absence d'un vrai savoir-faire et une certaine négligence dans les pratiques culturales. La fumure n'est pratiquement pas utilisée, même si la stabulation tend à se développer.

Entre 1961 et 1986, une superficie de 100 hectares a été consacrée aux cultures industrielles; cette superficie s'est multipliée aux dépens des céréales, grâce aux encouragements et aux subventions de l'ORMVA du Loukkos. Cette culture rémunératrice, exige beaucoup de travail et d'entretien, les intrants doivent être utilisés selon un calendrier bien défini. Si l'année est régulièrement pluvieuse, le rendement est satisfaisant, alors qu'il se réduit fortement en année sèche. Si au contraire l'année est exceptionnellement arrosée, les terrains et les cultures sont endommagés par l'érosion hydrique.

Les sous-bassins, totalement labourés, ne montrent pas de fortes incisions ou de sapement de berges exagéré. L'observation directe des phénomènes érosifs a montré que des événements pluviométriques exceptionnels peuvent produire une forte érosion, mais plus particulièrement dans les champs de betterave. Des glissements en planche se produisent dans les terres de labour mécanisé (Heusch, 1970; Kalman, 1976). Ces arrachements peuvent être effacés par les travaux du sol. Mais dans les champs de betterave et cultures alignées les rigoles persistent, notamment là où le labour se fait dans le sens de la plus forte pente. Dans certains secteurs, le ravinement s'est même accentué.

Sur les versants de terres *melk* (privées), les bourrelets séparant les parcelles, réduisent fortement l'organisation du ruissellement. Par contre, dans les deux échantillons ravinés étudiés, Koudiet Tatoft et Adir Baghla, les sols sur marnes sont épais, riches en argile, avec des états de surface comparables, en particulier de profondes fentes de retrait, ce qui en principe favorise l'infiltration, au moins lors des premières pluies. Mais, dans les deux cas, la

¹⁰ Enquête réalisée dans le cadre du projet Medchange, par les étudiants de la Chaire Unesco-GN.

longueur de pente, liée au statut collectif de la terre a initié des processus de ruissellement avec incision ; dans les deux cas, les ravines sont ramifiées, organisées en bassins de réception à grandes rigoles, à l'amont en pente forte sur un substrat sub-affleurant ; la rupture de pente coïncide avec une forte accumulation de colluvions et des sols plus épais. C'est là que les eaux se concentrent en ravines principales; le phénomène de *tunnelling* avec succession de sections surcreusées et de seuils apparaît et les ravines deviennent larges et profondes. Vers l'aval, le ravinement s'estompe à nouveau.

Dans les terres régulièrement labourées de Koudiet Tatoft, les ravines ne tardent pas à s'estomper sous l'effet du labour et à évoluer en larges ondulations. Dès 1999, les ravines nées en 1996 ont vu leurs berges s'émousser, car le labour a réduit d'autant leur fraîcheur. Par contre, dans la jachère continue d'Adir Baghla, les formes de ravinement semblent s'accroître, du moment que le lit de la ravine est nettoyé par le ruissellement alors que les berges vives se dégradent sous l'effet de la gravité (affaissements par pans entiers).

On peut donc conclure que dans les parcours dégradés et dans les terres agricoles abandonnées (ou en jachère durable) le transfert d'eau et de matière se fait essentiellement par ruissellement superficiel, ce qui permet au ravinement de s'accroître. Par contre, dans les terres labourées, les écoulements hypodermiques jouent un rôle important et permettent la recharge de la nappe phréatique. Le labour réduit les entailles et favorise l'infiltration. Cependant, durant les saisons exceptionnellement humides, la saturation des sols peut aboutir à des arrachements qui donnent rapidement naissance à des griffes et ravines importantes ; celles-ci vont être peu à peu colmatées par le labour, ce qui ne réduit en rien la dégradation du sol en terme de fertilité et d'épaisseur globale du profil.

Il est aussi important de distinguer les formes de dégradation dans le labour mécanisé, à épais horizon perturbé, permettant une imbibition importante qui donne lieu à des arrachements profonds ; à l'inverse du labour à l'araire, qui au mieux favorise la constitution de griffes et d'arrachements superficiels. C'est dans ce sens que l'extension des cultures industrielles, dont le sol est constamment biné risque d'aggraver les processus d'imbibition et d'arrachement à l'occasion des événements pluviométriques exceptionnels.

4-Mesure du ruissellement et de l'érosion hydrique dans la région de Tatoft

Les sols sont lourds et peu perméables. Leur humectation se fait par pénétration de l'eau le long des fentes de rétraction, alors que l'imprégnation interne prend du temps, à cause de la forte proportion d'argiles ; mais avec l'élévation du degré de saturation, la porosité est pratiquement fermée et l'imperméabilité acquise. La saturation apparaît lorsque la capacité d'infiltration est stabilisée. Par contre, l'assèchement entraîne la formation d'une fissuration profonde jusqu'au niveau de la roche en place.

4-1-Analyse de l'humidité :

a) Humidité initiale :

La fourchette de l'humidité de départ dans les sols est large, notamment en saison sèche, alors qu'en hiver, les sols enregistrent des valeurs proches. On a deux types de résultats en termes d'humidité initiale, le premier varie de 4 à 20 % et coïncide avec la saison sèche, le second, au cours de la saison humide varie entre 19 et 35%. En saison sèche, les humidités les plus faibles sont enregistrées dans les terres de cultures. Tandis que les parcours ont des humidités initiales supérieures à celle des terres de cultures même au moment de la sécheresse.

b) Evolution de l'humidité

Dans les terres de cultures les résultats des mesures effectuées¹¹ sont différents d'une

¹¹ Quatre campagnes de mesures par simulation des pluies sont prises en compte:

-Une première campagne a été effectuée en novembre 1998, après une longue période de sécheresse estivale, interrompue par une faible pluie en septembre.

-La deuxième campagne a été effectuée en septembre 1999, après une sécheresse estivale continue et sévère.

campagne à l'autre, selon les types de cultures et les états de surface développés. Après la pluie de septembre 1998, les fentes de retrait et le réseau de fissuration, se sont réduits ; d'où l'évolution progressive de l'humidification du sol lors de la simulation de novembre. Par contre, en 1999, après la longue sécheresse estivale, l'évolution de l'humidité a été plus rapide facilitée par le réseau de fissuration, mais sans que soit enregistré de cas de déclenchement de ruissellement dans les chaumes et la jachère.

On remarque une grosse différence entre l'allure de la courbe d'humidité dans les parcours et dans les terres de cultures pendant les périodes de sécheresse, alors qu'une grande ressemblance est enregistrée en saison des pluies (fig. 2).

Dans les terres de culture, l'humidité initiale est très faible en automne, mais une montée précoce de l'humidité se manifeste pendant les 10 premières minutes de précipitation, pour se stabiliser rapidement vers 35-40%. Dans les terrains de parcours, initialement plus humides, la courbe ne varie pas pendant les 15 premières minutes, avant d'enregistrer une montée progressive qui ne se stabilise qu'après la 30ème minute vers 35-40% d'humidité.

En période humide, la plupart des parcelles présentent la même évolution avec un décalage entre les parcours qui se saturent un peu plus tôt que les cultures. La montée de l'humidité est rapide sous les divers traitements, dès les 5 premières minutes, ce qui exprime une réponse immédiate à la pluie.

c) L'humidité de déclenchement du ruissellement

C'est le taux d'humidité à partir duquel le ruissellement s'initie. La pluie d'imbibition est déduite de la lame précipitée avant le déclenchement du ruissellement et correspond aussi à la lame infiltrée avant ce déclenchement. Elle permet de déterminer les volumes de pluies nécessaires pour générer le ruissellement et d'apprécier la réaction du sol durant les premiers moments des précipitations.

Elle varie selon la saison et le taux de saturation du sol. L'humidité initiale est déterminante. Ainsi en janvier 2000, il a fallu une pluie artificielle inférieure à 8mm pour générer le ruissellement, sur des sols humides, tandis qu'en novembre 98, le ruissellement a exigé des pluies de 10 à 13 mm dans les parcours et de 30 à 40 mm dans les terres de cultures.

On constate que dans les terrains de parcours, on ne décèle aucune règle, puisque l'humidité de déclenchement du ruissellement varie selon l'état de la végétation et du sol. L'état de surface des parcours portant une pellicule de battance ou des plages de tassement du sol initie un ruissellement précoce ; cette raison peut expliquer également la manifestation du ruissellement dans les parcours même en saison sèche. Par contre, le parcours dont le profil du sol est conservé, n'a pas produit de ruissellement après une chute de 50mm, même si des flaques et des filets d'eau se sont organisés annonçant un ruissellement incessant. Tandis que les terres de cultures enregistrent un déclenchement du ruissellement lié essentiellement à l'acquisition d'une humidité maximale que l'on peut décrire comme un état d'imprégnation avancée du sol.

4-2- Analyse du ruissellement (fig. 3)

a) Le déclenchement du ruissellement

En général, les parcours déclenchent un ruissellement plus rapide que les terres de cultures. Dans les parcours très dégradés le déclenchement le plus rapide est intervenu dès la 2ème minute en janvier 2000 et le plus tardif à la 32ème minute en septembre 1999, à un moment où les cultures n'ont initié aucun ruissellement. Les terres cultivées n'enregistrent le

-La troisième campagne a été effectuée en octobre 1999, après des pluies automnales conséquentes.

-La quatrième campagne a été effectuée en janvier 2000, en saison humide.

déclenchement du ruissellement qu'après l'imprégnation de l'horizon de surface du sol (respectivement la 37ème et la 47ème minute en novembre 1998 dans le labour et la jachère); dans ces mêmes sites, le déclenchement se place entre la 5ème et la 8ème minute en janvier 2000. Sur une surface de sol fraîchement retournée à la sape, le jour même de la simulation, le déclenchement a été plus tardif (42 mn), ce qui prouve la forte influence de l'état de surface et notamment la rugosité liée au travail du sol, dans le retard imposé au ruissellement.

Dans un certain nombre de cas, la pluie de 50mm/h n'a pas déclenché de ruissellement, tout au long de la simulation de 60 minutes. Certains sites qui n'ont pas ruisselé lors de la première pluie de septembre, à l'opposé d'octobre et novembre, situations où le sol a produit du ruissellement, car humidifié en profondeur (quoique asséché à nouveau en surface). D'autres terrains cultivés ont ruisselé en novembre, dès 40 mn de précipitation et quelques minutes après avoir atteint le seuil d'humidité maximale. Dans les terres céréalières, les deux milieux ayant provoqué un ruissellement, sont le labour récent et les chaumes de l'année précédente.

La simulation de novembre 1998, 3 semaines après les légères pluies du début de l'automne, a généré du ruissellement sur la majorité des sites (10% de la lame précipitée dans les parcours et 12% dans les terres cultivées). L'humidité de départ est à peu près la même, sur tous les champs d'expérimentation, mais l'allure de la courbe d'humectation varie d'une parcelle à l'autre. Ainsi le labour traditionnel frais et la chaume d'une année ont des courbes qui enregistrent une stabilisation à partir de la 25ème minute, alors que dans la parcelle labourée mécaniquement, l'humidité reste plus faible sans déclencher de ruissellement. Par contre dans les deux premières parcelles, le ruissellement a fonctionné, lorsque l'humidité a atteint le taux de 35%.

L'explication de ces différentes réponses est peut-être due au labour qui permet l'humidification homogène; le sol travaillé est plus aéré, ce qui explique cette constance avec une courbe stabilisée dès la 15ème mn sans qu'un ruissellement puisse se déclencher. L'infiltration se poursuit en profondeur et vers l'aval.

En septembre 1999, alors que les parcelles n'étaient pas encore labourées, le sol très compact des différentes parcelles a réagi de la même manière; la surface fissurée a permis une importante infiltration et aucun ruissellement ne s'est déclenché.

En janvier 2000, après la succession de pluies de décembre-janvier, le sol humide a enregistré une humidité initiale de 30-35%, et ceci d'une manière semblable dans le sol nu labouré, la jachère et le blé en culture mécanisée. L'évolution de la courbe de l'humidité a été comparable, avec une montée rapide vers la 10ème mn jusqu'à 43-45%. Dans la parcelle de betterave travaillée à la sape, le jour même où la simulation a été effectuée, l'humidité est restée constante. Le ruissellement démarre au moment où le maximum d'humidité est atteint. Les jachères et les cultures mécanisées enregistrent ce synchronisme entre l'humidité maximale et le début du ruissellement.

Mais, l'humidité de déclenchement du ruissellement ne coïncide pas toujours avec la stabilisation de l'humidité. Ce n'est pas toujours donc un effet de saturation de l'horizon superficiel qui initie le ruissellement. On a le cas des sols à forte rétraction, où l'infiltration est très rapide en début de simulation, le long des grandes fentes; mais les prismes de sol accusent un retard dans leur courbe d'humidification et le ruissellement ne commence pas avant la fermeture de la macro-porosité. On a le cas des sols à croûtes pelliculaires, liées à l'appauvrissement végétal (matorral ouvert) ou à des cultures de très faible densité (orge) et destruction totale des agrégats par les pluies antérieures. On a aussi le cas des sols tassés par le parcours, les chemins entre les touffes de doum par exemple.

Dans les terres de cultures, la dynamique du ruissellement est liée à l'imprégnation de la couche proche de la surface du sol pendant les périodes humides. Les pratiques culturales interviennent dans certains cas, pour expliquer l'irrégularité dans l'évolution du ruissellement: sous betterave fraîchement travaillée à la sape, l'infiltration a été importante et

le ruissellement ne s'est manifesté qu'au delà de la 40ème minute ; sur le même sol, de blé avec des plants de 25-30cm de hauteur, le ruissellement a commencé dès la 17ème minute.

b) Fréquences du ruissellement

La comparaison des résultats permet de déceler certaines tendances. D'abord, les maxima les plus élevés sont enregistrés dans les parcours très dégradés. L'état alarmant des sols de ces sites justifie cette forte production de ruissellement. Ensuite viennent les parcours moyennement dégradés, au sol épais et structuré. Les terres de cultures n'enregistrent des ruissellements élevés que quand le sol est gorgé d'eau.

Les fréquences de classes du ruissellement par pas de temps de 5 mn permettent de nuancer encore plus ces données. Ainsi, on remarque que dans les terres de cultures comme dans les parcours, la classe < 0.1 mm est majoritaire ; les autres classes allant de 1mm à 4 mm sont plus enregistrées dans les parcours, alors que la classe >4 mm n'est enregistrée que dans ces derniers.

c) Lames ruisselées et tranches de pluie infiltrée (fig. 4)

L'interprétation des ruissellements cumulés (en mm) permet de dégager les tranches infiltrées en relation avec la saison (humidité préalable du sol) et l'état de surface.

On distingue 2 situations dans les parcours :

-Les parcours dégradés où la tranche infiltrée en saison sèche est très importante (entre 70 et 80 % de l'apport pluvial) et beaucoup plus réduite en saison humide (entre 20 et 40%) ;

-Les parcours au sol conservé où la tranche infiltrée atteint 45% de l'apport pluvial en saison humide et la totalité de la lame de pluie en saison sèche.

Dans les cultures, la différenciation est significative. Pendant la saison sèche, (simulation de septembre 1999), aucune des parcelles en terres de cultures n'a ruisselé. En automne, après des premières pluies de 24 mm, une croûte de battance s'est constituée et le ruissellement a été favorisé; cependant la tranche infiltrée reste importante, car en surface, l'ensoleillement explique la fissuration de cette pellicule. En saison humide (janvier 2000), les cultures peuvent générer un ruissellement fort, notamment le sol encroûté et fermé dans les céréales à faible densité (ruissellement de 50% de l'apport pluvial) ; par contre, le sol fraîchement travaillé dans les betteraves n'a pas initié de ruissellement.

Les cultures semblent donc apparemment plus protectrices vis-à-vis du ruissellement ; mais jusqu'à un certain seuil d'humidité et d'intensité de la pluie. Il est connu que lors des chutes exceptionnelles, les cultures peuvent favoriser un ruissellement très important. C'est ce qui avait été observé dans d'autres régions du Maroc ; c'est le cas dans le Prérif (Heusch, 1970), à Aïn Dik (Kalman, 1970) et en Mamora (Laouina et al., 1993 ; Nafaa, 1997).

La conservation de l'eau dans les sols des parcours, leur tassement par piétinement et la formation de la couche de battance constituent les facteurs qui classent ce genre d'utilisation des terres, comme le plus générateur de ruissellement, ce qui explique l'extension des formes d'érosion qui les marquent. Leur situation topographique en amont des terres de cultures de bas de pentes, expose ces dernières à la dégradation par les eaux ruisselantes issues des parcours.

Dans les chaumes le ruissellement a été très irrégulier par pas de temps de 10mn, à cause de la constitution de petits barrages par les débris de matière organique ; dans le labour récent, le ruissellement a été à la fois plus régulier et plus important, surtout vers la fin de la simulation. Le phénomène peut s'expliquer par la formation d'une croûte de battance, qui devient vers la fin de l'expérimentation consistante et généralisée sur la surface de la placette, augmentant ainsi régulièrement les volumes de l'eau ruisselées.

4-3- La turbidité et la perte en terre

Dans les terres de parcours, la turbidité est moins importante que dans les terrains cultivés. Elle n'atteint des proportions alarmantes que dans la parcelle de parcours nue et localisée dans

une excavation dépourvue de sol et où affleure la marne effritée. Le faible taux de la turbidité dans les autres parcelles peut s'expliquer par le rôle de la végétation qui maintient le sol. Par contre dans les terres de cultures, où le ruissellement est moins important, les eaux sont nettement plus chargées.

La perte en sol concerne tous les types de traitements. La jachère et le labour produisent plus de sédiment pendant la saison humide quand le sol est gorgé d'eau. Mais la dégradation spécifique dans les parcours peut dépasser celle qui est enregistrée dans les terres de culture à cause des forts volumes d'eau ruisselés. En janvier 2000, la plus forte dégradation a été enregistrée dans le parcours dégradé avec 573.8g/m^2 , suivie par le labour frais avec 279g/m^2 .

Une fois que le sol marneux a atteint la saturation, suite à une succession d'événements pluvieux, le ruissellement et la dégradation sont aussi importants dans les parcours et dans les terres de cultures. Par contre en automne, quand le sol est encore asséché, le ruissellement qui n'intervient que sur les surfaces tassées et durcies des parcours, conserve une agressivité érosive faible.

Parmi les terres cultivées, c'est le labour récent qui a enregistré la plus forte turbidité (32g/l) et la perte en sol la plus élevée (197g/m^2 , suite à 50mm de pluie), alors que les terrains dénudés, laissés en jachère ont été assez résistants (12g/m^2). La turbidité des ruissellements de fin d'été a été très faible, en raison de la compacité du sol asséché ($< 1\text{g/l}$).

Sur ces versants aux pentes relativement fortes, le labour, même s'il est fait dans le sens des courbes de niveau, favorise à la fois le déclenchement précoce du ruissellement et des pertes en sol importantes, comparé à la jachère et aux parcelles en chaumes. Dès la première pluie, la croûte de battance peut devenir de plus en plus consistante, réduisant ainsi l'imbibition des sols. Dans les champs de cultures industrielles, en particulier la betterave, le binage pratiqué presque après chaque phase de pluie, ameublisse le sol et provoque alors des situations d'imprégnation profonde, responsables des arrachements et rigoles.

Conclusion

A l'échelle globale, on remarque une grande variabilité entre les différents sites expérimentés en ce qui concerne l'humidité, le ruissellement et la perte en sol. L'humidité initiale varie fortement d'un site à l'autre. L'humidité maximale du sol varie peu autour de 37- 43% dans 98% des cas. La réponse à la simulation est très forte dans les parcours alors que les cultures ne ruissellent que si le sol est déjà fortement humide.

Le coefficient de ruissellement le plus élevé est de 82%, enregistré dans un parcours très dégradé. Mais les forts Cr dans les terres de cultures sont liés à une phase d'humidité préalable.

L'agressivité du ruissellement se vérifie par la charge en sédiments qui montre que les sols perdent leur substance à la suite de chaque pluie importante. Mais il faut nuancer entre les parcours qui génèrent plus de ruissellement mais donnent moins de turbidité, sauf dans le cas d'une forte dégradation du sol. Par contre si les terres des cultures ruissellent moins, la turbidité y est plus importante.

Bibliographie

- COELHO, C.O.A., LAOUNA, A., FERREIRA, A.J.D., NACIRI, R., CHAKER, M., NAAFA, R., CARVALHO, T.M.M., BOULET, A.K., PEREIRA, J.B.P., 2000.** Forest and grazing impacts on hydrological and erosional processes in Southern Portugal and Northern and Central Morocco. ESSC Conference, Valência
- HEUSCH, B., 1970:** L'érosion dans le Prérif: une étude quantitative de l'érosion hydraulique dans les collines marneuses du Prérif occidental". *Annales des recherches forestières*, 12, p. 9-176.
- KALMAN, R. 1976.** "Etude expérimentale de l'érosion par griffes". *Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique*, Vol 13 (5), pp. 395-406.
- LAOUNA A., CHAKER M., NACIRI R. et NAAFA R., 1993 :** L'érosion anthropique en pays méditerranéen. Le cas du Maroc septentrional. *Bull. Ass. Géogr Français*, Paris, pp. 383-398.
- LAOUNA A., NAAFA R., COELHO C., CHAKER M., CARVALHO T., BOULET A.K. & FERREIRA A. :** Gestion des eaux et des terres et phénomènes de dégradation dans les collines de Ksar el kébir, Maroc. *Bull. du Réseau Erosion, montpellier*, vol. 19,
- LAOUNA A., NAAFA R., COELHO C., CHAKER M., CARVALHO T., BOULET A.K. & FERREIRA A. 2000 :** Impact des activités agricoles sur la dégradation des terres dans la région de Tatoft (Ksar El Kébir), In *Publ. De l'ENFI, Techniques de lutte anti-érosive*, Salé.
- MUXART T., COSANDEY C. & BILLARD A., 1990 :** L'érosion sur les hautes terres du Lingas, un processus naturel, une production sociale ; *Mém. Doc. de Géographie, Nouv. Collect.*, Presses du CNRS, Paris, 148 p.
- NAAFA R., 1997 :** Dynamique du Milieu Naturel de la Mamora et ses bordures, *Paléoenvironnements et Dynamique Actuelle. Thèse du Doctorat d'Etat ès Lettres, FLSH., Rabat.* 275p.
- SABIR M., 1992 :** Impact du parcours sur les caractéristiques physiques et hydrodynamiques du sol. *Atelier national pour la définition d'un programme de recherche sur l'aménagement intégré des bassins-versants. M.A.R.A. , Rabat*, p.14 .
- SABIR M., MERZOUK A., BERKAT O. et ROOSE E., 1995 :** Effet de la maximisation du pâturage sur certaines caractéristiques de la surface et la perméabilité du sol dans un milieu steppique marocain, aride (Haute Moulouya), *Réseau Erosion, Bull.* 16, pp. 47- 57.



Pour citer cet article / How to cite this article

Laouina, A.; Chaker, M.; Nafaa, R.; Coelho, C.; Ferreira, A.; Boulet, A. K.; Carvalho, T. - Transformations agraires et risque d'érosion dans les collines de Tatoft (région de Ksar el Kébir, Loukkos), Maroc, pp. 157-168, Bulletin du RESEAU EROSION n° 23, 2004.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr