

ETUDE A DIFFERENTES ECHELLES DES RISQUES D'ÉROSION DANS LE BASSIN VERSANT DE L'ISSER

Rachid CHEBBANI*, Kaddour DJILLI** & Eric ROOSE***

- I.N.S.I.D, BP 185 Alger Gare, Algérie.
- ** I.N.A Hassen Bady, El Harrach, Algérie.
- ***I.R.D, BP 5045, 34032 Montpellier cedex 1, France

Résumé

L'érosion hydrique constitue, en Algérie, un phénomène très grave qui affecte durement le patrimoine foncier. Elle touche 45% des zones telliennes soit 12 millions d'hectares. Malgré les moyens et les efforts consentis par les autorités pour arrêter la dégradation des terres, les barrages continuent à être envasés, les versants et les plaines lacérés par les ravines induisant une squelettisation des sols et une chute croissante des rendements. Les aménagements antiérosifs et les techniques de correction torrentielle introduites et mal adaptés au contexte de la zone d'étude sans une caractérisation préalable des systèmes érosifs au niveau du territoire ont donné des résultats mitigés. Le système érosif est complexe et s'opère à des échelles variées aussi bien spatiales que temporelles. Comment estimer à partir des données pédologiques, les risques d'érosion, du ruissellement et la dégradation de la structure superficielle ?

- A l'échelle du bassin versant l'étude de la distribution des sols dans le paysage et la caractérisation des propriétés des sols sur marno-calcaire a montré que les sols fonctionnent différemment dans le paysage et présentent une grande variabilité spatiale de leur érodibilité. Ce dernier paramètre varie suivant les types de sols, les saisons et les paramètres cultureux.

- A l'échelle de la parcelle expérimentale de 100 m² de type Wischmeier, l'érosion en nappe et en rigole reste faible et n'a pas dépassé 3 t/ha/an. Ces pertes en terre restent faibles dans les parcelles améliorées en comparaison avec les parcelles traditionnelles. D'autre part le ruissellement, et surtout le ruissellement maximum, restent très importants dans les versants causant des dégâts importants au niveau des ravines et des berges des oueds.

- A l'échelle de la ravine, le suivi spatio-temporel par un piquetage des fonds, des berges et des têtes des ravines montre une alternance de séquences d'ablation, de comblement et de stabilité. Le ruissellement provenant des versants se concentre dans la ravine et provoque une ablation comprise entre -1,10 et -3,80cm/an de terre. Cette érosion des matériaux se fait par affouillement du fond, des berges et une régression de la tête de la ravine.

- A l'échelle stationnelle, plusieurs types d'organisation pelliculaire de surface ont été caractérisés: les croûtes structurales, les croûtes de ruissellement, les croûtes d'érosion, les croûtes de sédimentation et les croûtes grossières. Cette dégradation de la structure superficielle du sol passe par plusieurs étapes entraînant ainsi une réduction progressive de l'infiltrabilité et une augmentation des risques d'érosion et de ruissellement.

En marge des résultats obtenus, la lutte antiérosive ne doit pas se limiter à l'espace étroit des ravines, mais à l'ensemble du bassin versant en tenant compte des méthodes et des techniques culturelles, de l'aptitudes des sols, de la fertilisation, du type d'aménagement antiérosif adapté au contexte de la zone, de la durabilité des écosystèmes et aussi des aspects socio-économique.

Mots clés: Algérie, Ruissellement, Erosion en nappe, Ravinement, Erodibilité, Croûte de surface, Variabilité spatiale

Abstract

In northern Algeria, erosion constitutes a very serious phenomenon that affects the fundamental heritage deeply. It concerns 45% of telliennes mountainous zones (12 millions ha). In spite of means and efforts developed by authorities to stop the deterioration of the situation, dams continue to silted up, watershed and plains torn by gully them misleading a squelettisation of soils and an increasing fall of yields. Anti-erosive actions and techniques of torrential gully correction introduced and badly adapted to the context of the survey zone without a previous erosive system characterization to the level of the territory gave mitigated results only. The erosive system is complex and operates itself as well to the varied ladders spatial that temporal. How to appraise from data pédologiques, risks of erosion, of the runoff and the deterioration of the topsoil structure?

- To the ladder of the basin pouring the survey of the soil distribution in the landscape and the characterization of soil properties on marno-calcareous showed that soils function differently in the landscape and present a big spatial variability of their erodibility. This last parameter varies according to soil types, seasonal climate and cultural practices.

- To the ladder of the tentative plots of 100 m² of Wischmeier type, sheet erosion remains low didn't pass the 3 t/ha/ans. These soil losses remain weak in plots improved in comparison with the conventional techniques. On the other hand runoff and especially the peak runoff flow remain very important in watershed causing damages on the level of gully and of wadies banks.

- To the ladder of gullies, the follow-up spatio-temporal by a piquetage of bottoms, head and banks of gully shows a succession of sequences of ablation, filling up and stability. The runoff coming from the watershed concentrates in gullies and caused an ablation between -1,10 and -3,80 cm/an of earth

- - To ladder stationnelle, several types of surface crusts have been characterized: the structural crusts, runoff crusts, erosion crusts, sedimentation crusts and the coarse crusts. This deterioration of the topsoil structure provokes a progressive infiltration capacity reduction and increases risks of erosion and ruissellement.

The antierosive struggle must not be limited to the narrow space of gully, but to the whole of the hillslopetaking into account the technical practices, of soil properties, of fertilization needs, of the antierosive methods adapted to the context of the zone, of the ecosystem durability and especially of the socio-economic aspect.

Key-words : Runoff, Sheet erosions, Gully erosion, Soil erodibility, Topsoil crust, Spatial variability.

Introduction

Le bassin méditerranéen, berceau de civilisations brillantes, a attiré au cours des siècles des populations nombreuses. Les activités (défrichement, agriculture, élevage, urbanisation, guerres) qui ont accompagné ces colonisations successives ont entraîné la dégradation des couvertures végétales, des sols, des rivières, du climat qui se répercutent sur le développement des sociétés. Un survol rapide du nord de l'Algérie, région la plus productive du pays mais aussi la plus fragile, nous montre des montagnes surpaturées et des garrigues brûlées, des collines dénudées, des sols squelettiques cultivés, décapés par l'érosion en rigoles et par le labour, des versants et des plaines lacérées par les ravines et les oueds, des rivières torrentielles qui dévorent les basses terrasses et envasent les barrages en une trentaine d'années (Roose et *al*, 1996).

L'érosion hydrique constitue, en Algérie, un phénomène très grave qui affecte durement le patrimoine foncier. Elle touche 45% des zones telliennes soit 12 millions d'hectares et a pour cause principale, la pression exercée sur la couverture végétale (surpâturage, incendie, pratiques culturales inadaptées, etc.). Ce phénomène est encore plus grave lorsque l'on sait que 85% des surfaces cultivables, soit 6 millions d'hectares, sont situées dans les zones les plus sensibles à l'érosion. Outre les pertes en terres fertiles constatées chaque année, l'érosion contribue à une diminution annuelle de la capacité totale de stockage des eaux de l'ordre de 25 millions de m³ (Document Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, 1996).

En montagne, les processus d'érosion en rigole et d'érosion mécanique sèche sont exacerbés par les fortes pentes et aboutissent rapidement au décapage des horizons humifères, surtout lorsque le sol est dénudé de sa litière et travaillé finement (Roose, Ndayizigiye et Sekayange, 1992). De plus, le ruissellement peut être à l'origine d'une érosion spectaculaire qui se traduit par le creusement de chenaux, de forme et de taille diverses et s'accompagne de la mise en place de dépôts d'étendue et d'épaisseur très variables. Or l'érosion et les dépôts occasionnent des dégâts non négligeables aux cultures (Bolline, 1982).

En montagne, la dégradation des sols a pour principale origine la concentration du ruissellement qui entraîne la migration des particules terreuses après destruction de la structure de l'horizon superficiel et un entraînement sélectif des éléments nutritifs, des colloïdes organiques et minéraux. Les pratiques culturales conduisent à plus ou moins long terme à une dégradation des qualités structurales des sols, ce qui se traduit par une plus forte sensibilité au tassement par les pluies et à la formation des pellicules superficielles.

L'approche pédologique des années soixante n'a pas répondu à l'attente des hydrologues (Casenave et Valentin, 1989) Il était alors exclu de prendre en compte la complexité des bassins versants, les problèmes n'étant pas posés à la même échelle, pour le profil et bassin versant. Depuis, les progrès réalisés donnent plus de cohérence aux deux démarches. Les pédologues ont peu à peu délaissé l'approche typologique à partir de grands profils caractéristiques, utile pour les grands inventaires, mais peu adaptée aux études détaillées. Ils privilégient désormais, l'étude en trois dimensions des volumes qui constituent la couverture pédologique (Casenave et Valentin, 1989).

L'écosystème érosif est un système complexe qui opère à des échelles variées aussi bien spatiales que temporelles. Dans l'espace, l'érosion débute à l'échelle de la particule, du versant, du bassin versant et se prolonge jusqu'au continent. Les effets dans le temps varient de l'échelle journalière, à celle saisonnière et même à l'échelle cyclique. Comment estimer à partir des données pédologiques, les risques d'érosion, de ruissellement et de dégradation de la structure superficielle ?

1. Matériels et méthodes

L'analyse des phénomènes d'érosion et du ruissellement s'est faite à différentes échelles spatiales en reliant les données expérimentales aux caractéristiques hydro-morphologiques et analytiques des sols et particulièrement de leur état de surface :

A l'échelle du bassin versant. L'étude de la distribution spatiale des unités pédologiques dans le paysage et les analyses physico-chimiques des échantillons de sols de chaque unité-sol ont été faites pour en déduire les risques d'érosion et de ruissellement.

A l'échelle de la parcelle de 100 m² (type Wischmeier). La quantification du ruissellement et de l'érosion en nappe et en rigole a permis d'étudier le rôle des facteurs tels

que la pluie, la nature du sol, la pente et les techniques culturales sur les risques de ruissellement et d'érosion. Les batteries de parcelles d'érosion sont groupées dans trois blocs avec des pentes de 15, 20 et 30%. Chaque bloc comprend :

- un témoin international, appelé aussi parcelle standard, ou parcelle de référence de Wischmeier : c'est une parcelle nue durant toute l'année, dépouillée de tous débris végétaux, sans engrais depuis trois ans, avec un binage à la houe sur 5 cm de profondeur (au maximum une fois par mois pluvieux), en vue de casser la croûte de surface;

- un témoin régional (cultures traditionnelles) : avec une rotation blé, jachère; il est travaillé dans le sens de la pente.

- une ou deux parcelles traitées (cultures améliorées) : agriculture intensive, fertilisation raisonnée (apport de tri super phosphate comme engrais de fond et de l'ammonitrate par fraction de 3 doses) et une rotation biennale blé vesce-avoine, blé pois-chiche, et jachère pâturée blé tendre.

A l'échelle de la ravine. Le dispositif consiste à enfoncer verticalement des piquets dans la tête, les flancs et le fond de la ravine de façon à mesurer des sections transversales. Ces piquets permettent de repérer les variations verticales du niveau du sol, résultant de l'ablation, de la sédimentation ou de la stabilité à l'aide d'une corde tendue (tension 1 kg) entre les berges de la ravine. Les relevés et les mesures des processus du ravinement et des variables explicatives sont effectués dans des sections avec un fil tendu verticalement tous les mètres après chaque épisode pluvieux érosif.

A l'échelle stationnelle . La méthodologie consiste en :

- un inventaire des différentes croûtes de surface (type de croûte, rugosité de surface et sa situation par rapport au relief);

- une description morphologique des croûtes (sa morphologie et le nombre de micro horizons qui la composent);

- une description micromorphologique de chaque croûte : au niveau de chaque organisation, un échantillonnage a été fait à l'aide des boîtes de Kubeina.

2. Résultats et discussions

L'appréciation des risques de ruissellement et d'érosion au niveau du bassin versant a comporté plusieurs étapes. Elle a été réalisée à plusieurs échelles spatiales (bassin versant, versant, parcelle, ravine et niveau stationnel) et à différents pas de temps.

I - L'échelle du bassin versant :

La cartographie pédologique du bassin versant a fait ressortir trois types de sols : les sols calcimagnésiques, les sols peu évolués et les sols isohumiques. Ces sols fonctionnent différemment dans le paysage. Les sols peu évolués d'érosion dont le profil est tronqué sont peu profonds, sensibles à la battance des pluies, au ruissellement et à l'érosion. Ils occupent l'amont des versants où persiste une végétation naturelle très clairsemée. Les autres types de sols sont plus profonds et moins sensibles que les premiers et sont situés au niveau des bas de pente.

Ces sols sont généralement pauvres en matières organiques, moyennement riches en calcaire, stables, bien structurés et très riches en argiles gonflantes de type smectite. L'infiltrabilité est très rapide durant les premières pluies, surtout si le sol est sec, elle diminue progressivement jusqu'à atteindre une valeur stable. A ce moment, il y a apparition du ruissellement. Le refus à l'infiltration se fait lorsque toute la porosité est saturée par l'eau ou

dès qu'il y a formation d'une croûte de surface dont la conductivité hydraulique est inférieure à celle des horizons inférieurs.

L'érodibilité de ces sols, ou facteur de susceptibilité à l'érosion et au ruissellement, varie suivant le type de sol, la saison et les pratiques culturales (Roose et Sarrailh, 1989). Elle présente une grande variabilité spatiale. Les paramètres d'érodibilité étudiés, tel que la profondeur, les teneurs en matières organiques, en calcaire, en sables grossiers, en argiles plus limons et l'indice d'instabilité structurale présentent une variabilité spatiale très faible au sein de la même unité-sol et une plus forte entre les différents types de sol. Cette érodibilité n'est pas constante, elle devient importante lors des orages d'été et d'automne. Dans ce cas, des agrégats entiers emportés par les eaux de ruissellement deviennent émoussés.

II - L'échelle de la parcelle :

II.1- L'érosion en nappe et en rigole :

L'érosion en nappe et en rigole est modeste. Les valeurs mesurées restent inférieures au seuil de tolérance. Elles atteignent 2 t/ha/an dans toutes les parcelles, ce que confirment les résultats par Heusch (1970), Kouidri ; Arabi et Roose, (1989) et Mazour, (1991).

Les pertes en terres sur les parcelles améliorées sont faibles (0,275 à 0,618 t/ha/an) en comparaison avec le témoin ou parcelle traditionnelle (0,635 à 2,271 t/ha/an). Pour la parcelle laissée en jachère pâturée, les pertes en terres sont considérables (1,144 t/ha/an) en comparaison avec la parcelle améliorée. Les pertes en terre dans les parcelles sont étroitement liées au ruissellement.

Les faibles ruissellement et érosion se produisent lors des pluies tombant après une période sèche. Par contre, les ruissellements et les pertes en terres les plus élevés ont lieu à une époque où le sol est déjà très humide et dans le cas de pluies exceptionnelles et des orages d'automne et de printemps. Dans ce cas la quantité érodée peut quelquefois dépasser le total des pertes du reste de l'année.

Le ruissellement et surtout le ruissellement maximum devient très important lorsque le sol est saturé et durant les averses exceptionnellement qui causent des dégâts considérables au niveau des ravines. Ce type d'érosion entraîne des conséquences morphologiques et pédologiques fâcheuses. Le décapage de l'horizon superficiel diminue insidieusement sa réserve en éléments fertilisants et induit un entraînement préférentiel des particules les plus fines, de la matière organique et du calcaire.

La hauteur des pluies, combinée à leur intensité favorise le ruissellement et l'érosion en ravine. Les sols marneux, lorsqu'ils sont secs, restent non érodibles mais, dès qu'ils atteignent une certaine humidité, leur sensibilité à la détachabilité et au ruissellement augmente. Généralement, la hauteur des pluies intervient surtout en rendant plus sensible les sols aux prochaines pluies.

II.2- Le ruissellement :

Le ruissellement varie de façon moins sensible que l'érosion. Il est nettement plus élevé sur sol nu que sous cultures. Les plus faibles ruissellements se produisent lorsque les pluies tombent après une période sèche. Toutefois, les orages exceptionnels produisent un fort ruissellement. Par contre, les ruissellements les plus élevés ont lieu à une époque où le sol est déjà très humide. Par ailleurs, il apparaît que l'érosion ne devient réellement catastrophique que si l'eau ruisselé se concentre pour former des griffes ou des rigoles.

Sur les parcelles améliorées, le ruissellement annuel moyen (KRAM %) et surtout le ruissellement maximum (KRMAX %) sont légèrement plus faibles que sur les parcelles traditionnelles. Le ruissellement maximum atteint 27,1% sur les parcelles nues alors que le ruissellement annuel moyen varie entre 0,9 à 8,8%. Le ruissellement annuel moyen sous culture est modeste (0,9 à 6,1%), tandis que le ruissellement maximum pour une averse atteint 10 à 27 % sur les sols nus et est encore modeste (5,3 à 6,8%) en comparaison avec des situations en région tropicale (est de 25 à 80% en Côte d'Ivoire).

Le ruissellement commence généralement après 22 mm de pluie si le sol est sec ou après 4 mm si le sol est humide, encroûté ou compact. Ces seuils de hauteur limite et le volume ruisselé dépendent en partie des caractéristiques des pluies (intensité, mais aussi volume de pluie tombant après saturation du sol) et surtout de l'état de la surface du sol (déficit de saturation des dix premiers centimètres du sol, fissures et trous creusés par les vers de terre, croûtes de battance ou de sédimentation, litière, cailloux et les mottes résiduelles) (Arabi et Roose, 1993). Les forts ruissellements n'ont lieu que lorsque toutes les conditions sont optimales, en novembre et mars, ou durant un orage exceptionnellement intense (une fois en 5 ans) (Arabi et Roose, 1993).

III. L'échelle de la ravine :

Les mensurations effectuées dans les sections des ravines piquetées montrent une alternance de séquences d'ablation, de comblement et de stabilité. La phase d'ablation intéresse généralement les berges, la tête et le fond des ravines. La phase de sédimentation intervient après la fin de l'événement pluvieux.

Le ruissellement provenant des versants se concentre dans la ravine, creuse son fond et sape les berges. Dans ce cas, il y a une érosion due à l'énergie du ruissellement alors que dans d'autres cas on assiste à une érosion due au délitage des altérites, résultat des variations des cycles d'humectation et de dessiccation.

Les mesures ont montré que l'ablation est comprise entre - 1,10 et - 3,80 cm/an. Les événements pluvieux intervenus lors des 15 mois de mesures (du 23/03/1992 au 19/05/1993) ont produit des ablations verticales respectivement de -3,12 cm pour la ravine 1, -2,47 cm pour la ravine 2, -2,14 cm pour la ravine 3 et -3,32 cm pour la ravine 4. Les bilans de production spécifiques des sédiments par ravine sont de l'ordre de : 272 t/ha/an pour la ravine 1, 206 t/ha/an pour la ravine 2, 186 t/ha/an pour la ravine 3 et 289 t/ha/an pour la ravine 4 si l'on accepte une densité apparente des matériaux meubles de 1,7 :

Les observations de terrain ont montré que les sédiments s'accumulent au fond des ravines pendant une bonne partie de l'année. Le remblaiement est produit par accumulation des colluvions arachées en haut de versant, ou par effondrement d'un pan de berge de ravine.

Par ailleurs, l'importance de l'ablation mesurée sur les marnes amène à penser que ces marnes ne sont pas soumises à la seule érosion provenant du ruissellement mais qu'elles sont aussi sujettes à un phénomène de déflation : les paillettes marneuses les plus fines et les plus légères finissent leur course dans le talweg. Ces paillettes sont le résultat de l'action de l'alternance des cycles humectation-dessiccation, permettant le gonflement différentiel des divers composants des marnes. Par ailleurs, les ravines sont à la fois le lieu de mouvement de masse et de tunneling. La dynamique du ravinement se fait par :

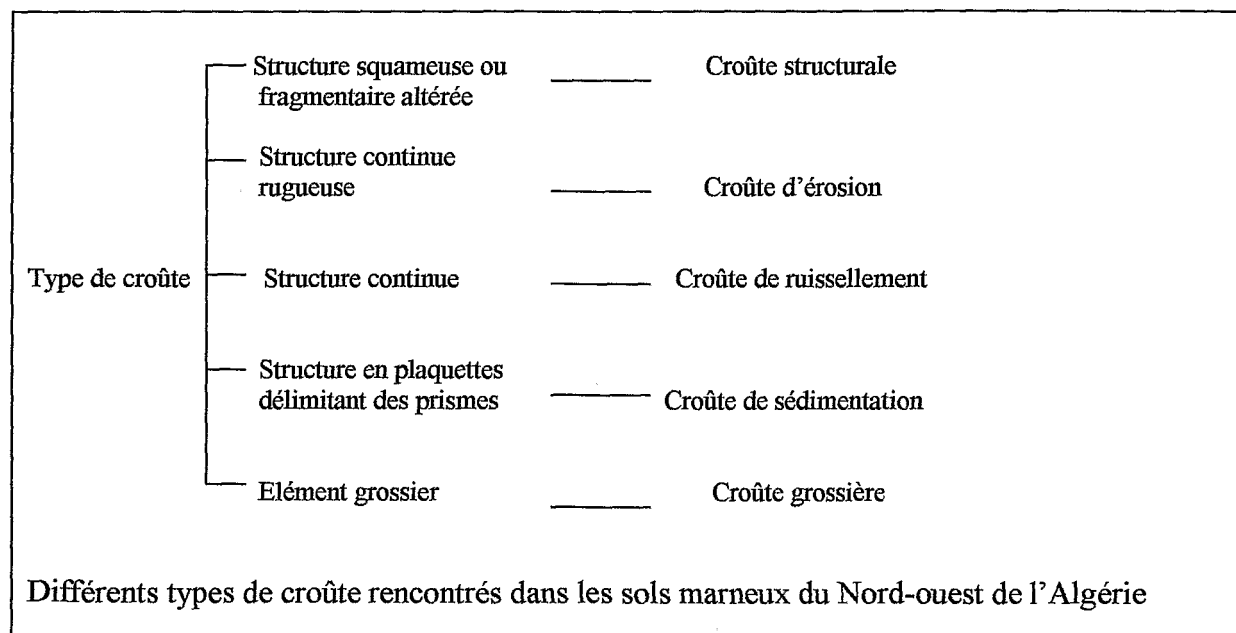
- recul de la tête de la ravine :
- creusement, comblement et affouillement du fond de la ravine :
- creusement du fond par la force de cisaillement de l'eau
- affouillement latéral des berges par l'effet de la masse de l'eau qui crée un tourbillon et "digère" le bas des flancs de la ravine en formant une rupture de pente.

Pour les ravines piquetées, nous avons constaté que les phases de creusement sont de -2 à -6 cm/an et les phases de comblement sont de 3 à 9cm/an et restent très faibles. Ceci est du à un lissage de la paroi du fond de la ravine qui résiste devant la force de cisaillement de l'eau. Cependant, on assiste a un affouillement à partir des flancs. Dans le cas ou la ravine présente des tortuosités, on assiste à la formation de petites cuvettes dans le fond de la ravine sous forme de marmite.

Les ravines fonctionnent d'une manière spectaculaire. Lorsque le ruissellement s'installe, on assiste a un affouillement du fond et des berges et à une dynamique de la tête de la ravine par érosion régressive. Au cours de ces phénomènes, il y a succession des cycles de remblaiement, d'ablation et de stabilisation ou de sédimentation. Les sols marneux, une fois saturés, gonflent et perdent leur infiltrabilité et leur stabilité : par suite d'un simple sous tirage ou d'une rupture de pente, on observe un effondrement en masse de ces sols.

IV. L'échelle des organisations pelliculaires de surface :

La prospection pédologique a permis de distinguer 6 types de croûtes de surface, qui sont en relation généralement avec la nature du sol (granulométrie et structure), les façons culturales et la charge grossière, ainsi qu'avec la position topographique du sol.



Les sols étudiés possèdent plus de 50 % d'argile de type illite et interstratifiés illite-montmorillonite. Ces argiles sont sensibles à la dispersion sous l'effet de l'impact des gouttes de pluies et à la désagrégation mécanique par l'alternance des cycles de dessiccation et d'humectation. Dans ces cas il y a mobilisation des particules argileuses. L'humectation de ces sols argileux entraîne un gonflement qui est une sorte de désagrégation (l'agrégat en se désagrégant cède de l'argile qui est reprise par l'eau (dispersion argileuse). Cette argile mobilisée migre dans l'eau d'infiltration, couvre la périphérie des agrégats et colmate les interstices intra-agrégats ou bien se dépose à la surface du sol pour former la croûte sédimentaire.

La formation des croûtes, ou organisations pelliculaires de surface, entraîne une réduction de l'infiltrabilité, accroît les risques de ruissellement et d'érosion.

Chaque type de croûte renseigne sur un mode de fonctionnement bien précis :

- l'étape fragmentaire initiale où l'infiltrabilité est grande;
- fermeture de la porosité de surface par l'effet splash, la formation de flaques d'eau et le début d'apparition d'un micro-ruissellement;
- au dernier stade (faciès très fortement dégradé), il y a sédimentation dans les flaques, illuviation des limons et argiles et généralisation du ruissellement.

Pour les sols marneux, au début de la phase d'imbibition, il y a désagrégation par l'effet de l'humectation et du gonflement des argiles et formation d'une croûte structurale. Cette croûte évolue vers une croûte de ruissellement et enfin une croûte d'érosion ou de dépôt.

Grâce à l'étude de la microstructure détaillée et systématique des croûtes de surface au champ, on a pu mettre en évidence l'existence d'un certain nombre de mécanismes de formation de ces organisations structurales de surface (la désagrégation mécanique, l'éclatement, la micro-fissuration et le rôle de la dispersion) et le rôle bénéfique du couvert végétal sur le maintien de la structure initiale et fragmentaire de surface à l'exception de la formation d'une petite pellicule de surface. Sur le sol travaillé et remanié, la pluie engendre une diminution de l'infiltration par un colmatage interstitiel de la porosité de la surface du sol. Cette dégradation est évidemment plus intense en surface qu'en profondeur. La dégradation de la structure superficielle commence par l'individualisation de micro-horizons :

- le faciès fragmentaire. Comprenant un seul micro-horizon discontinu d'une épaisseur très faible de 50 à 80 μ m, il se forme dans les micro-dépressions;

- le faciès moyennement dégradé. Il se caractérise par un glaçage de la surface du sol et l'apparition des flaques d'eau. Il y a présence de deux micro-horizons, un micro-horizon éluvial d'épaisseur très réduite et un micro-horizon illuvial de 2 à 3 mm.

- le faciès dégradé. La structure sur le premier cm devient continue. La partie superficielle est recouverte par une légère pellicule. L'obturation de la porosité conduit à une généralisation du ruissellement. On remarque la superposition de trois micro-horizons dont la transition est diffuse et la persistance de l'état fragmentaire à 1 cm au dessus de la croûte.

La dégradation de la structure superficielle passe comme l'ont soulignée déjà Boiffin (1984), Le Bissonais et Le Souder (1995), par plusieurs étapes dont certains mécanismes interviennent tel que l'illuviation et la réorganisation des éléments structuraux.

Par-ailleurs, le couvert végétal joue un rôle important sur la diminution de l'effet de l'impact des pluies, du ruissellement et de l'érosion et de la dégradation de l'état de surface. Il protège la partie superficielle du sol contre la dégradation et inhibe la formation de croûte de dépôt. Dans ce cas, il y a seulement formation d'une mince pellicule de surface.

3. Conclusion

La distribution des sols dans le paysage ne se fait pas au hasard. Elle dépend de facteurs tels que la topographie, la nature et l'importance du couvert végétal et la nature de la roche mère. Les sols étudiés sont pauvres en matières organiques, moyennement riches en calcaire, moyennement érodibles et présentent une bonne stabilité structurale de l'horizon de surface. La perméabilité au niveau de ces sols est rapide pendant les premières pluies et diminue progressivement jusqu'à ce qu'il y ait un refus total à l'infiltration, soit par saturation

de la porosité soit par formation d'une croûte de surface. A partir de cet instant il y a apparition du ruissellement et donc potentiellement de l'érosion.

L'érosion en nappe et en rigole entraîne le glaçage et le décapage de l'horizon superficiel et une diminution de sa fertilité. Cette érosion sur de faibles pentes est sélective. Les éléments fins et les éléments fertilisants sont emportés en suspension, par contre une partie des agrégats riches en matières organiques sont déposés au pied des versants par le ruissellement. On assiste à une dégradation de la fertilité physique et chimique des sols et de la qualité des eaux.

Les sols sur marno-calcaires sont stables à l'origine. Ils résistent à la battance des pluies mais sont sensibles aux ruissellement. L'érosion en nappe et rigole est très modeste, elle n'a guère dépassé les 3 t/ha/an. Le ruissellement et surtout le ruissellement maximum sur les grandes pentes trouvent leur chemin vers les talwegs des ravines et causent des dégâts considérables aux sols. L'intensification de l'agriculture, le système de rotation et des assolements diminuent le ruissellement et l'érosion sur les grandes pentes par l'augmentation de la biomasse au niveau de la surface du sol. Elle favorise les rendements agricoles. Dans les parcelles améliorées nous avons constaté une augmentation des rendements pour le blé dur qui est passé de 14/q/ha pour la parcelle traditionnelle à 25/q/ha. La même remarque peut être faite pour les légumes secs. Le rendement est passé de 9 q/ha/an à 15 q/ha/an. Pour la vesce avoine l'augmentation de la biomasse a été appréciable (Chebbani et al, 1995).

Chaque année les ravines étudiées exportent de 186 à 289 t/ha/an de sédiments, soit une dégradation spécifiques de -1,28 cm/an à -3,80 cm/an . Les ravines sur marnes évoluent par suffosion, glissement de terrains, sapement des berges, érosion régressive, incision des parois de ravines et par l'effet d'alternance du cycle humectation et dessiccation.

A l'échelle des agrégats nous avons caractérisé plusieurs types de croûtes de surface (la croûte structurale, la croûte de ruissellement, la croûte d'érosion, la croûte grossière et la croûte de sédimentation). La dégradation de l'état structural de l'horizon superficiel passe par plusieurs phases : l'état fragmentaire initial, l'état fragmentaire altéré et l'état fortement dégradé. L'analyse de la microstructure met en évidence une diminution progressive de la taille des vides d'entassement et le développement de convexités au fur et à mesure de la dégradation des états de surface sous l'effet des gouttes de pluies. L'apparition des flaques d'eau coïncide avec la formation de croûte structurale. Le ruissellement est généralisé lorsque la croûte de ruissellement se met en place et après obturation complète de la porosité de la surface des sols.

La dégradation de la structure initiale résulte d'une coalescence des agrégats initiaux. Dans de tels processus, la pluie joue un double rôle : compaction de la surface par l'impact des gouttes et augmentation de la plasticité par augmentation de la teneur en eau.

Ces résultats confirment que la lutte antiérosive ne doit pas se limiter à l'espace étroit des ravins, mais qu'elle doit prendre en compte le mode d'utilisation de l'ensemble de l'espace du bassin versant avec ses caractéristiques naturelles et ses modes de mise en valeur par les sociétés.

Références bibliographiques

- ARABI M., ROOSE E., 1989** - Influence de quatre systèmes de production en zone méditerranéenne de moyenne montagne en Algérie. *Bull. Réseau Erosion*, n° 9 : 39-51.
- BAJARACHARYA R.M., LAL R., 1992** - Seasonal soil loss and erodibility variation on a Miamian silt loam soil. *Soil. Sc. Soc. Am. J.* : 1560-1565.
- BOIFFIN J., 1984** - La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. *Thèse Doc. Ing. I.N.A.P.G, Paris*, 320 p + annexes.
- BOIFFIN J., 1985** - Stages and times dependency of soil crusting in situ. *Inter. Symp. on the assessment of soil surface sealing and crusting*.
- BOIFFIN J., BERSSON L. M., 1987** - Dynamique de formation des croûtes superficielles: apport de l'analyse microscopique. *Micromorphologie des sols, A.F.E.S* : 393-399.
- BOIFFIN J., PAPY F., PEYRE Y., 1986** - Systèmes de production, systèmes de cultures et risques d'érosion dans le pays de Caux. *I.N.A.P.G - I.N.R.A Ministère Agric. Multigr.*
- BOLLINE A., 1982** - Etude et prévision de l'érosion des sols limoneux cultivés en moyenne Belgique. *Thèse Université de Liege* 365 p.
- BRESSON L.,M., 1995** - A reviews of physical managment for crusting control in Australien cropping systems. Research opportunities. *Soil an water Management and conservation Aust.J. Soil Res.*, 33 : 195-209.
- BRESSON L.,M., VALENTIN C., 1994** - Soil surface crust formation : contribution of micromorphologie. *In soil micromorphologie : Studies in Management and Cenesis* 737-762.
- CASENAVE A., VALENTIN C., 1988** - Les états de surface de la zone Sahélienne. *O.R.S.T.O.M, Paris*, 202 p.
- CASENAVE A., VALENTIN C., 1989** - Les états de surface de la zone Sahélienne influence sur l'infiltrabilité, 219 p.
- CHEBBANI R., MEDEDJEL N., BELAIDI S.A., 1995** - Application de le G.C.E.S. dans région de Tlemcen, Algérie. *Bull. Réseau Erosion n° 15* : 489-497.
- C.P.C.S., 1967** - Commission de pédologie et de classification des sols. *Classification des sols E.N.S.A. Grignon. Lab. Pédologie. Géologie*, 87p.
- DEMMAK A., 1982** - Contribution à l'érosion et aux transports solides en Algérie Septentrionale. *Thèse doct. Ing. Paris*, 323p.
- HEUSCH B., 1982** - Etude de l'érosion et des transports solides en zone semi-aride. *Recherche bibliographique sur l'Afrique du nord. Projet RAB / 80 / 04 PNUD*, 83p.
- KOUIDRI R, ARABI M., ROOSE E., 1982** - Premiers résultats de mesure du ruissellement et de l'érosion en nappe en Algérie. *Bull. Réseau Erosion 9* : 33-38.
- LE BISSONNAIS Y., SINGER M.J, BRADFORA J.M. 1993** - Assessment of soil erodibility : the relation ship between soil properties, erosion proseses and susceptibility to erosion. *Farm land erosion: In temp. planis Envionnementand Hills* 87-96.
- LE BISSONNAIS Y., LE SOUDER C., 1995** - Mesurer la stabilité structurale des sols pour évaluer leur sensibilité à la l'érosion. *Etude et Gestion des sols 2- 1* : 43 - 56 .
- MAZOUR M., 1992** - Les facteurs de risque de l'érosion en nappe dans le bassin versant d'ISSER Tlemcen, Algérie. *Bull. Réseau Erosion*, 12 : 303-313.
- ROOSE E., 1977** - Erosion et ruissellement en Afrique de l'ouest : 20 années de mesure. *Travaux et Document O.R.S.T.O.M., Paris*, n° 78 : 108 p.
- ROOSE E., 1990** - Conservation des sols en zone méditerranéennes la G.C.E.S. une nouvelle stratégie de lutte anti-érosive. *Conférence au séminaire " soil érosion in méditerranéen environnement " Espagne.*, 34 p.
- ROOSE E., 1991** - Conservation des sols en zone méditerranéennes : synthèse et proposition d'une nouvelle., stratégie de lutte anti-érosive. La G.C.E.S. *Cah. O.R.S.T.O.M. Pédol.*, 26, 2: 145 - 187.

ROOSE E., SARRAILH J.M., 1989 - Erodibilité de quelques sols tropicaux. Vingt années de mesure en parcelles d'érosion sous pluies naturelles.

Cah. O.R.S.T.O.M., Pédol., 25, 1-2 : 7-31.

ROOSE E., NDAYIZIGIYE F., SEKAYANGE., 1992 - La gestion conservatoire de l'eau et la fertilité des sols (G.C.E.S.): Une nouvelle stratégie pour l'intensification de la production et la restauration de l'environnement en montagne. *Bull. Réseau Erosion n° 12 : 140-160.*

ROOSE E., ARABI M., BRAHMIA K., CHEBBANI R., MAZOUR M., MORSLI B., 1993 - Erosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne Algérienne .

Cah. O.R.S.T.O.M. Pedol. 28, 25 : 289-308.

WISCHMEIER W.H., SMITH D.D., 1958 - Rainfall energy and its relationship to soil loss. *Trans; Am. Geophys. Vol. 39 n°2 : 285-291.*

WISCHMEIER, W.H., JOHNSON, C.B., CROSS, B.V., 1971.- A soil erodibility nomogram for farmland and construction sites *J. Soil Water Conserv. 20 : 150-152*