

INFLUENCE DES TECHNIQUES CULTURALES SUR L'ÉROSION ET LE RUISSELLEMENT (CAS DU SUD AVEYRON FRANCE)

Moussa Mohamed *, G. DE Noni **, E. Roose**, J.F. Nouvelot****

RESUME

L'étude des phénomènes de ruissellement, de transport solide et d'érosion a été menée dans l'Aveyron (piedmont méditerranéen de la façade sud de la France). L'utilisation intensive des terres pour l'élevage ovin, proximité des caves Roquefort, a provoqué une accélération des phénomènes de dégradation des sols.

Pour aborder le diagnostic de ce processus, nous avons simulé des séries de pluies dans le cadre de quatre pratiques culturales suivantes :

- le semis direct ;
- un labour conventionnel suivi de 2 hersages ;
- un labour, 2 hersages et 2 passages de rouleau *cultipacker* ;
- un travail simplifié (passage vibroculteur suivi de 2 hersages).

Chaque traitement a reçu trois averses de 60 mm h⁻¹, le protocole suivi comprenait une première pluie sur sol sec, simulant la saison sèche, une seconde pluie, 24h après la précédente simulant la saison humide et une troisième pluie une heure après reproduisant les conditions de la fin de saison humide.

Les résultats obtenus montrent que :

- l'état de surface évolue en cours d'averse ;
- le passage fréquent des engins agricoles modifie la structure des sols ;
- les pertes en terre sont très fortes sur les parcelles nues tassées au *cultipacker* ;
- le semis direct est peu érodible, ce qui permet de dire que la suppression du labour est un moyen de lutte contre l'érosion hydrique dans les Rougiers de Camarès (sud Aveyron) et elle permet de réduire le nombre de passage des engins au strict minimum, limitant ainsi la destruction du sol et permettant une économie en main d'oeuvre et en énergie.

Cette technique de simulation de pluies pourra être appliquée en zones arides caractérisées par la variabilité et la torréalité du régime pluviométrique.

Mots clés : précipitation, ruissellement, simulation, travail du sol, érosion hydrique, techniques culturales, pertes en terre.

SUMMARY

A study of the phenomena of run-off, earth movement and erosion, was carried out in the Rougiers de Camarès, as intensive sheep-rearing (proximity to cellars of Roquefort) has accelerated soil degradation. Consequently, we focused attention on the study of the impact of various cultivation practices, typical of the region, on the genesis of run-off and erosion. To this effect, we used original experimental methods eg. simulation of rain.

The ORSTOM rain simulator allowed application of a constant intensity of 60 mm. h⁻¹ on plots of 1 m² for 30 minutes, corresponding to a period of 10 years. The protocol comprised an initial rainfall on dry soil, simulating the dry season, a second rainfall, 24 hours after the first, simulating the rainy season and finally a third rainfall, one hour later, reproducing conditions at the end of the four cultivation practices studied.

This type of experiment show that:

- the condition of the surface evolves over the course of rainfall;
- the frequent passage of agricultural machinery modifies the structure of the soil ;
- there is marked loss of soil on bare plots packed down with a *cultipacker*;
- direct sowing is little prone to erosion, which permits us to ascertain that the prevention of ploughing is one way of fighting hydric erosion in the Rougiers de Camarès, albeit that run-off would continue to be extensive and that water must be managed on a slope basis.

*IRA Medenine

** ORSTOM Montpellier

*** ORSTOM Equateur

Priority must be given to making farmers aware of these phenomena, so that they may understand that erosion is not inevitable and that by improving water management, biomass and soil fertility and using anti-erosion structures (hedgerows), the landscape may be sustained longer.

Keywords : Rougiers - Rainfall - simulation - pounding - run-off - working the soil - erosion hydric - soil management.

INTRODUCTION

Depuis une trentaine d'années le département de l'Aveyron est l'objet d'un déséquilibre au niveau de l'espace physique (érosion des sols) et de l'activité agricole (augmentation des coûts de production et baisse des produits agricoles).

La présente étude se situe dans les Rougiers de Camarès (sud Aveyron). Cette zone couvre une superficie totale de 170 000 ha dont 75 000 ha de surface agricole utile, traversée par deux principaux cours d'eau : La Sorgue et le Dourdou. En dehors de cette zone alluviale, les paysages sont fortement marqués par l'empreinte de l'érosion où on rencontre une alternance des couches des schistes plus ou moins durs et des couches tendres d'argile plus épaisses de couleur rouge.

Les Rougiers de Camarès sont caractérisés par une topographie irrégulière. Les collines et les coteaux ont des pentes qui varient de 10 à 50 %. Les zones vallonnées constituent la majeure partie des paysages où le ruissellement est actif.

1. Processus et facteurs d'érosion dans les rougiers de camarès:

Pris dans la spirale infernale de la compétition laitière, les exploitants agricoles n'ont pas fait cas, durant de nombreuses années, des problèmes d'érosion des sols. Un début cependant de prise en compte de risque émerge depuis peu comme le montre un diagnostic effectué par H. KAGONE (1992) sur les préoccupations des agriculteurs des Rougiers de Camarès. Les éléments suivants ont été répertoriés :

- Un déséquilibre sol-troupeau, ajouté à une faible production autonome liée à la faible capacité du sol à produire (faible stockage d'eau des sols peu épais ou caillouteux).

- et pour la première fois une érosion mécanique et chimique due surtout aux pratiques culturales, causant une perte de nutriments et une baisse de fertilité des sols, ce qui entraîne une réduction de la surface agricole utile (zones où les sols ont été décapés jusqu'à la roche, laquelle doit être localement broyée et retravaillée par un grand nombre de façons culturales).

1.1 Les phénomènes d'érosion

1.1.1 Description et conséquences

Sur les Rougiers de Camarès l'érosion touche plus de 80 % du territoire et constitue un obstacle à la mise en valeur des terres agricoles en plus du climat, des sols et de la végétation, l'action de l'homme est déterminant. Nous avons observé trois formes d'érosion :

- une érosion en nappe, qui touche les zones cultivées et les zones en friches caractérisée par un lent décapage sélectif de la surface du sol mettant à nu les éléments grossiers non transportables.

- une érosion en griffe, rigoles ou en ravines caractérisée par des incisions linéaires qui correspondent à des écoulements concentrés bien localisés et où peuvent circuler des quantités importantes d'eau et des sédiments. Les travaux agricoles font parfois disparaître ces indices, mais l'emplacement des ravines ou des rigoles reste reconnaissable surtout sur les ruptures de pente où l'érosion régressive est très active.

- une érosion mécanique sèche où le transport des particules est provoqué par l'utilisation des outils de travail du sol : c'est une érosion en masse, sans modification de texture et qui aboutit au décapage non sélectif de la couverture pédologique des hauts de pentes. Il provoque des accumulations de terre à la limite des parcelles, au rupture de pente et au pieds des versants.

Sur les Rougiers de Camarès, le phénomène d'érosion se manifeste chaque année pendant les épisodes pluvieux printaniers, lorsque les sols sont encore peu couverts ou lors des violents orages de fin d'été et d'automne sur les champs finement préparés pour le semis de printemps (passage de *cultipacker*).

Les conséquences de l'érosion se traduisent par :

- une perte de capital sol qui se traduit par une réduction de l'épaisseur de la couche arable et par une diminution de la fertilité des sols et de leurs stocks en matières organiques ;

- une baisse de rendement des cultures ;

- un lessivage interne du sol en éléments fins qui entraîne la concentration des éléments grossiers en surface (squelettisation de la couche superficielle) ;

- comblement des réseaux de drainage.

1.1.2 L'environnement physique et humain

Les précipitations et leur ruissellement sur le sol constituent les facteurs créateurs de l'érosion ; les autres facteurs (nature du sol, pente, végétation et surtout l'action de l'homme qui peut modifier cet agencement initial...) interviennent également pour limiter ou le plus souvent accélérer le phénomène.

1.1.2.1 Environnement climatique

La moyenne de la hauteur pluviométrique annuelle est de $\cong 824$ mm. La courbe de distribution pluviométrique moyenne mensuelle met en relief la relative sécheresse au cours de l'année des mois de juin, juillet, août et même septembre. Le rapport entre le mois le plus sec et le mois le plus pluvieux est supérieur à 0,6. L'élément fondamental pour l'érosion est l'intensité de la pluie, celle-ci semble modérée pour la région : l'intensité maximale de fréquence décennale est de l'ordre de 60 mm/h pendant une heure ; c'est cette intensité qui sera utilisée au cours de l'expérimentation de simulation de pluie.

1.1.2.2 Environnement humain

Il est important de replacer l'évolution actuelle de la zone dans son contexte historique qui a amplifié, bien involontairement, les causes humaines à l'érosion telles que par exemple :

- les pratiques agricoles tels que le défoncement des affleurements de schiste et le défrichement des coteaux maigres où la couche arable n'atteint que 20 à 30 cm d'épaisseur ;
- la suppression des haies dans le but d'agrandir les parcelles pour la culture motorisée ;
- les rotations rapides sur les Rougiers entraînant un retournement fréquent et un affinage poussé au *cultipacker* de la terre et par conséquent plusieurs passages des engins agricoles (3 à 4 labours suivis de 2 à 4 passages de herbes rotatives et de *cultipacker* sur 4 années dans certains cas).

2. Expérimentation (simulation de pluie)

2.1 Parcelle d'expérimentation

la parcelle agricole, qui nous a servi de site d'expérimentation, est caractérisée par des coteaux dits maigres où l'érosion est très active et une pente moyenne de 20 % représentative de la région.

Compte tenu de l'agriculture de cette zone, nous avons retenu les quatre situations expérimentales suivantes :

- S1 : semis direct SD ;
- S2 : travail classique sans *cultipacker* en bas de versant (labour + 2 hersages : L+2H) ;
- S3 : travail classique avec *cultipacker* (labour + 2 hersages + passage de *cultipacker* : L+H+cpk) ;
- S4 : travail simplifié (vibroculteur + 2 hersages : Ts).

Le climat, chaud et humide régnant à cette époque, a provoqué la coloration en rouge des sols, riches en oxydes de fer. Cette couleur, dominante dans le paysage, a donné son nom aux Rougiers. Actuellement, les sols sont caractérisés par :

- un pH légèrement alcalin, grâce aux apports de chaux ;
- une texture sablo-argileuse sur le haut de versant où l'érosion est active, et plus argileuse au pied des pentes où se produisent les phénomènes de sédimentation et d'atterrissement ;
- une roche facilement altérable sensible aux fortes variations de températures (action de l'eau, du gel et de la chaleur). L'alternance gel-dégel provoque l'éclatement facile des schistes en particulier et fournit ainsi des matériaux transportables par le ruissellement.

2.2 Description des dispositifs de mesure et d'observations

2.2.1 La simulation de pluie

Le principe de base d'une campagne de simulation de pluie est d'étudier le comportement du sol à l'énergie du gouttes de pluie et d'évaluer le rôle des états de surface par les mécanismes d'infiltration et de ruissellement. Nous nous proposons d'utiliser cet outil dans les Rougiers pour :

- caractériser l'érodibilité des sols, la capacité d'infiltration, les risques de ruissellement et la détachabilité en fonction de quatre traitements culturels différents ;
- déterminer, parmi les situations testées, le type de traitement le mieux adapté à la lutte contre l'érosion.

2.2.2 Mini simulateur de pluie

Le mini simulateur est constitué d'un système d'arrosage fixé au sommet d'une tour en forme de tronc de pyramide. Le système d'arrosage est constitué d'un gicleur calibré, soumis à un mouvement de balancement (reglé par une commande électronique).

2.3 Protocole utilisé

Le protocole utilisé est basé sur la simulation d'une pluie d'intensité constante de 60mm.h¹. Rapportée à une durée de 30 mn, cette intensité correspond à un temps de retour de 10 ans (fréquence décennale pour la zone du Rougiers).

Afin d'étudier, le rôle de l'humidité du sol, cette intensité est répétée trois fois sur chaque site, de la manière suivante :

- une première pluie sur un sol sec, présentant des conditions proches de celles rencontrées lors d'une saison sèche ;

- la seconde pluie intervient 24 heures après, pour simuler le début de saison humide ;

- puis la troisième pluie, intervient une heure après la précédente, simulant une épisode très humides sur des sols engorgés.

2.3.1 Facteurs physiques

2.3.1.1 Les états de surface

En zone cultivée, les états de surface évoluent plus vite que dans le milieu naturel. Pour suivre leur évolution sur les différents sites retenus, nous avons utilisé une méthode simple qui consiste à fixer des repères de façon à pouvoir observer et noter au cours du temps, toujours aux mêmes point, l'évolution de l'état de surface. Quatre transects perpendiculairement à la pente ont été, ainsi, effectués sur chaque parcelle de 1m².

Pour cela, grâce à une règle graduée a été noté, tous les deux centimètres, le type de surface élémentaire rencontré.

Ces observations permettent de quantifier dans le temps, sur chaque site, le pourcentage de surface fermée (=S des pellicules de battance, croûte de sédimentation, cailloux), de surface ouverte (=S des mottes < 1 cm, mottes < 3 cm, mottes >3 cm et trous de vers de terre) et de surface couverte (litière).

Quatre périodes différentes ont été retenues pour effectuer les observations :

- avant la première pluie simulée ;
- avant la deuxième pluie simulée ;
- avant la troisième pluie simulée ;
- après la troisième pluie.

2.3.1.2 La rugosité

La rugosité du sol se caractérise par la présence des mottes et des cailloux à la surface, créant des obstacles à l'agressivité des gouttes de pluie et au ruissellement. Elle est mesurée à l'aide d'une chaînette, qui est déposée sur la parcelle de 1 m² le long de chaque profil sélectionné. Les variations de longueur mesurées permettent de suivre l'évolution du micro-relief.

Cette mesure est répétée quatre fois tous les 20 cm par parcelle.

Outre la caractérisation des états de surface et de la rugosité du sol, la démarche a comporté :

- la mesure de l'intensité de ruissellement et de transports solides provoqués par les trois pluies à intensité contrôlée ;

- la mesure des paramètres descriptifs des propriétés physiques du sol, avant et après chaque pluie simulée, tels que état d'humectation, densité apparente et mesure de la capacité d'infiltration à l'intérieur d'un anneau de 10 cm de diamètre.

2.3.2 Etude de l'infiltration et du ruissellement

2.3.2.1 La dynamique de l'eau

Au cours d'une averse d'intensité constante, quatre phases peuvent être observées :

1- Phase d'imbibition

Notée Pi, elle exprime la hauteur de la pluie qui tombe sur la parcelle avant que tout ruissellement ne commence. Au cours de cette phase, la capacité d'infiltration est en tous points supérieure à l'intensité du pluie qui parvient au sol.

2- Régime transitoire

Durant cette phase, l'humidité du sol augmente, les agrégats de surface sont pulvérisés par l'impact des gouttes de pluie, les pores sont colmatés par les particules fines et l'infiltration diminue ; ainsi il se forme des flaques qui finissent par déborder et donnent naissance au ruissellement en filets et en nappes.

3- Régime permanent

Durant cette phase, l'intensité de ruissellement se stabilise et atteint un palier de débit relativement constant jusqu'à la fin de l'averse.

4- Phase de vidange

Lorsque la pluie s'arrête, le ruissellement continue, la quantité d'eau qui s'écoule représente la fraction non infiltrée de la détention superficielle mobilisable ou récupérable

2.3.2.2 Perte en terre

La turbidité représente la charge solide par unité de volume d'eau ruissel_e, exprim_e en $g.l^{-1}$: $C. (g.l^{-1}) = \frac{\text{Poids recueilli}}{\text{volume ruisselé}}$

Mesurée sur une surface de un m^2 seulement, la perte en terre ne représente que le détachement provoqué par l'impact des gouttes de pluie (effet *splash*) sur le sol. Ce phénomène est à l'origine des modifications affectant les états de surface.

Par analogie avec les hydrogrammes qui représentent la variation du débit en fonction du temps, les turbidigrammes permettent de suivre les variations de la concentration en matières solides, exprimé en $g.l^{-1}$.

Nous avons déterminé plusieurs paramètres explicatifs telsque Pi, C et Kr (coefficient de ruissellement) et C.

2.4 Résultats obtenues

2.4.1 Les états de surface

De cette étude, il ressort que :

- le semis direct n'est pas concerné par cette mesure car la surface d'étude est enherbée quasi complètement;
- dès la fin de la première pluie, le sol atteint son niveau de fermeture définitif (qui représente 40 à 50 %) ceci concerne les parcelles labourées, hersées ou tassées au *cultipacker* ;
- par contre, le travail simplifié au vibroculteur avec hersage garde le sol relativement ouvert. La surface encroûtée, par la battance, ne dépasse pas 30 %, car il reste encore une quantité importante de mottes enherbées ;
- corrélativement, la surface ouverte diminue de 30 % à moins de 5 % dès la fin de la première pluie sur les terrains labourés et hersés ou compactés ;
- toutes les parcelles étudiées, sauf le semis direct, présentent une rugosité faible dès le début des simulations (5 à 20 %), ce qui témoigne d'une instabilité structurelle.

D'après les mesures faites avant et après chaque simulation de pluie, il ressort que le travail simplifié présente la plus forte rugosité, qui malgré tout décroît progressivement jusqu'à atteindre 15 % au bout de la troisième pluie. Cette meilleure stabilité est due au fait que les touffes d'herbes et leurs racines permettent aux mottes de garder une certaine cohésion.

- par contre, le passage du *cultipacker* réduit sensiblement la rugosité du sol avant même la première pluie, sa valeur reste stable durant toute l'expérimentation (de l'ordre de 5 %) ;

- pour le labour avec hersage, la rugosité atteint 5 à 10 % au bout de la deuxième pluie à partir de laquelle elle reste stable.

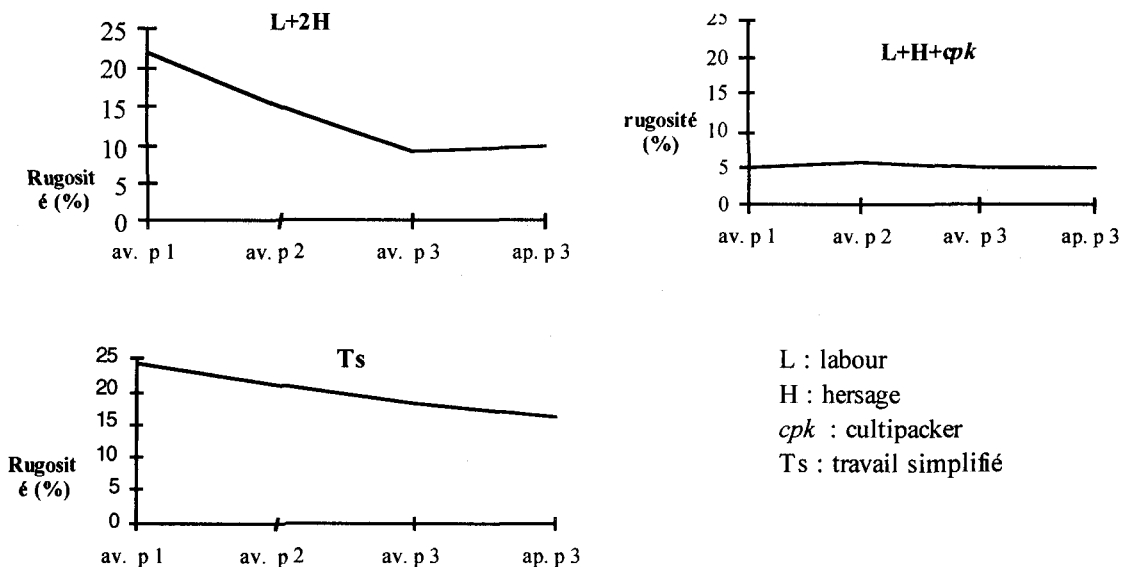


Fig. 1 : Evolution de la rugosité : avant et après chaque pluie

2.4.2 Analyse et interprétation des hydrogrammes

L'examen des hydrogrammes de chaque pluie nous a conduit à étudier le comportement de chaque site (fig : 2) :

1ère série de pluie

Le tableau suivant y récapitule les principaux résultats hydrodynamiques et de transport solide obtenus sur les sites testés :

	1ère simulation de pluie				
	Hp av p1 (%)	Pi (mm)	Kr (%)	C. (g/l)	Kr max (%)
SD	15,27	21,82	8,21	0,4	46,10
L+2H	14,20	≥ 30	0,00	0,00	0,00
L+H+cpk	12,09	25,22	2,53	6,97	17,80
Ts	14,68	≥ 30	0,00	0,00	0,00

Tout d'abord il faut signaler que les conditions d'humidité du sol, pour cette première pluie sont relativement proches d'un site à l'autre, elle varie de 11 à 15 %.

La phase d'imbibition est plus au moins lente, ce n'est qu'à partir de 16 minutes pour le semis direct et de 20 mn pour le L+H+cpk que le ruissellement a commencé à apparaître ; il reste peu intense tout au long de la durée de l'essai, les valeurs extrêmes fluctuent de 8 à 28 mm. h⁻¹ sur le semis direct et de 8 à 11 mm. h⁻¹ sur le labour + *cultipacker*, les valeurs des coefficients de ruissellement globaux sont : $Kr_{SD} \cong 8 \%$ et $Kr_{L+cpk} \cong 2,5 \%$. Dans aucun des cas l'écoulement superficiel ne fonctionne en régime permanent.

Par ailleurs, la parcelle labourée et la parcelle travaillée d'une façon simplifiée n'ont pas ruisselé. Pour le L+2H, nous avons observé des formations de flaques à partir du 13^{ème} minute et pour le Ts il suffit de 5 mn ; pourtant nous n'avons pas eu de ruissellement, ceci s'explique par le fait que, durant cette première simulation de pluie, la rugosité du sol due au labour a permis de piéger l'eau dans les dépressions du sol (favorisant ainsi l'infiltration).

Malgré tout, sous l'effet du *splash* les agrégats de surface sont pulvérisés par l'impact des gouttes de pluie, les pores sont alors colmatées par les particules fines et l'infiltrabilité tend à diminuer jusqu'à un minimum, d'où la formation de flaques d'eau.

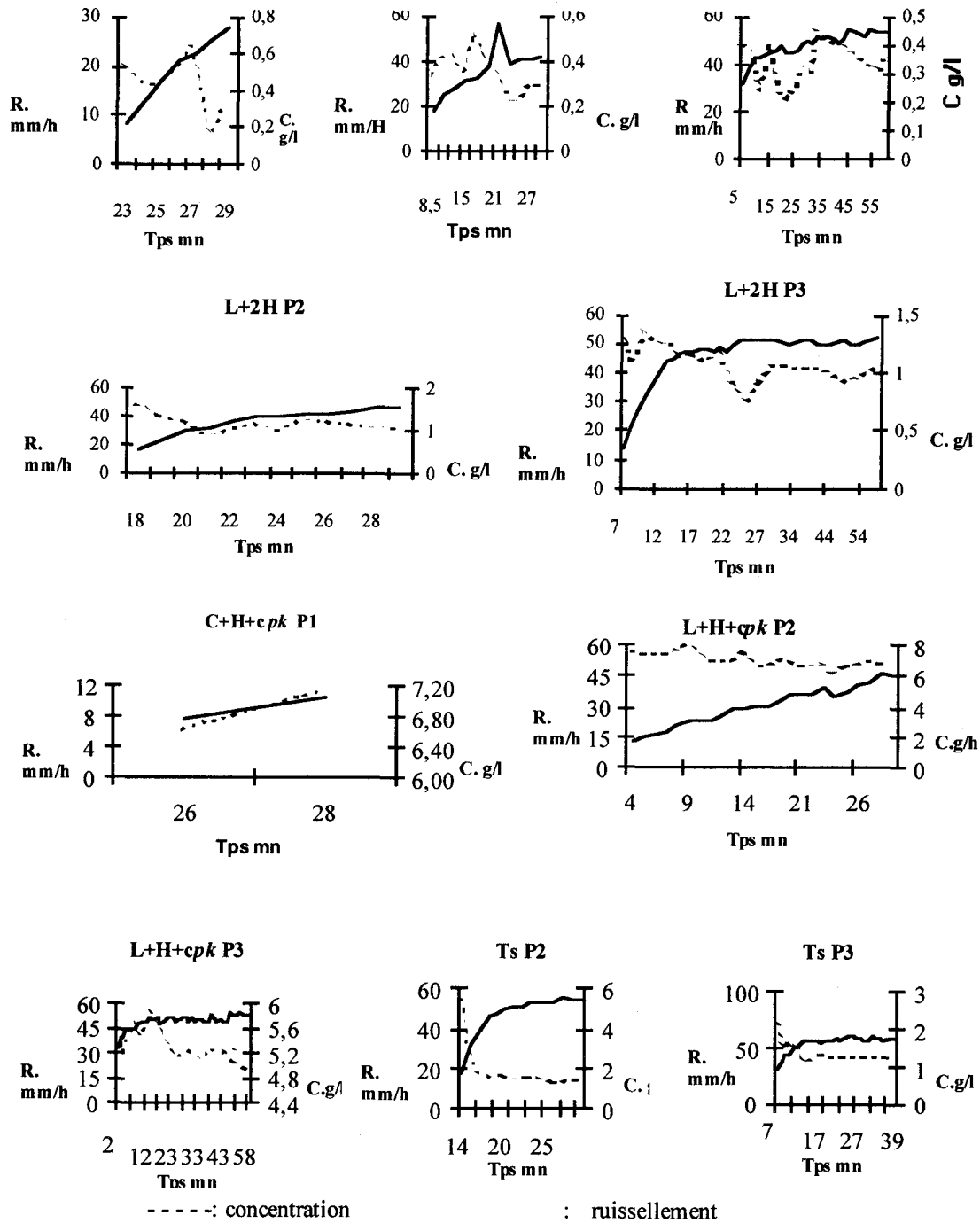


Fig 2 : Variations du ruissellement et des concentrations en fonction du temps

Durant cette première pluie le régime transitoire n'est jamais atteint (fig.2).

2ème série de pluie

La seconde simulation de pluie intervient 24 heures après la première, les conditions d'humidité ne sont plus les mêmes (le tableau suivant récapitule les principaux résultats hydrodynamiques et de transport solide).

2ème simulation de pluie

	Hp av p2(%)	Pi (mm)	Kr (%)	C. (g/l)	Kr max (%)
SD	19,93	8,40	43,65	0,34	69,90
L+2H	21,04	17,70	28,66	1,08	78,00
L+H+cpk	27,59	3,81	45,71	6,93	76,60
Ts	22,64	12,98	48,28	1,65	93,00

Lorsque survient la 2ème pluie le sol se sature plus vite que lors de la première simulation, ce qui explique que toutes les parcelles aient ruisselées. Sur la fig.2 on observe clairement la phase d'imbibition et la phase correspondant au régime d'écoulement transitoire. On peut noter que sur tous les sites le ruissellement débute à partir des cinq premières minutes sauf dans les cas de L+2H et Ts où la phase d'imbibition est un peu plus longue (15 mn). Dans trois cas le coefficient de ruissellement Kr est voisin de 45 % : SD, L+H+cpk et Ts. Il n'atteint que la moitié de cette valeur sur le site labouré.

À la fin de cette deuxième pluie, le régime permanent d'écoulement est atteint pour le L+H+cpk et le Ts, les valeurs de l'intensité de ruissellement atteignant alors 50 mm. h⁻¹ en moyenne. Nous avons constaté une modification des états de surface marquée par une diminution sensible du pourcentage des zones ouvertes, sauf dans le cas du travail simplifié Ts.

Il est important de noter que l'humidité ayant augmenté et les états de surfaces sont modifiés.

3ème simulation de pluie

	Hp av p3(%)	Pi (mm)	Kr (%)	C. (g/l)	Kr max (%)
SD	29,09	4,16	74,69	0,31	89,90
L+2H	23,04	6,51	72,23	0,95	86,80
L+H+cpk	24,87	0,91	81,51	4,95	90,50
Ts	25,50	5,72	81,19	1,22	97,50

Pour la 3ème pluie qui intervient une heure après la seconde, les tendances d'évolution des paramètres hydrodynamiques restent les mêmes ; c'est à dire :

- une baisse importante des hauteurs des pluies d'imbibition et de leurs durées ;
- une augmentation de l'intensité de ruissellement et par conséquent du coefficient global de ruissellement Kr.

Il faut tout de même observer que cette troisième pluie, tout en conservant une intensité de 60 mm. h⁻¹, a une durée d'une heure au lieu de 30 minutes. La croissance de l'intensité de ruissellement est très rapide avant d'atteindre le régime permanent. Nous constatons les mêmes tendances que lors de la seconde pluie, avec une intensité de ruissellement moindre pour le labour.

Il est important de noter, en outre, que l'humidité du sol a peu varié entre la seconde et la troisième pluie, ce qui laisse à penser que l'accroissement du ruissellement est conséquence d'une modification des états de surface. Les deux pluies précédentes ont plus ou moins aplani le micro-relief, et le colmatage des pores du sol par les particules fines a entraîné la formation d'une pellicule de battance peu perméable.

La simulation a reproduit une situation hydrologique extrême dont le temps de retour est très supérieur à 10 ans puisque la fréquence décennale ne s'applique qu'à une pluie de 60 mm. h⁻¹ durant 30 mn et non une heure. De plus, cette pluie exceptionnelle tombe sur un sol déjà saturé par la pluie précédente.

2.4.3 Analyse et interprétation des turbidigrammes (fig.2)

Nous tenons encore à rappeler que les graphes ne représentent qu'une partie de la dynamique érosive observée sur un versant, et que les observations s'appliquent à une petite surface de 1 m² où l'énergie du ruissellement ne peut pas se développer, à l'inverse de ce qui se passe sur le terrain à l'échelle d'un versant.

1ère série de pluie

Le ruissellement observé sur le labour + *cultipacker* s'accompagne d'une perte en matières solides relativement élevées (environ 7 g. l⁻¹ sur toute la durée de la simulation). Par contre, le semis direct donne très peu d'exportation solide (0,4. g. l⁻¹ en moyenne). La façon culturale qui consiste à utiliser la charrue et le *cultipacker* est donc 18 fois plus érosive que celle consistant à effectuer simplement un semis direct.

2ème et 3ème séries de pluie

Des différences apparaissent, selon les traitements au cours de la seconde et la troisième pluie, le semis direct restant celui qui protège le mieux le sol (un peu plus de 0,3 g.l⁻¹ en moyenne) et le labour avec *cultipacker*

le plus agressif (5 à 7 g. l⁻¹ en moyenne). Le travail simplifié induit une érosion 4 à 5 fois plus forte que le semis direct mais 4 à 6 fois plus faible que le labour + *cultipacker*.

2.5 Discussion des résultats:

2.5.1 Hydrodynamique du sol

Pour chacun des sites étudiés, les caractéristiques hydrodynamiques du sol soumis à différents traitements ont été établis. Les tableaux ci-dessous permettent de récapituler l'évolution de la hauteur de pluie d'imbibition (Pi) et du coefficient de ruissellement (Kr) au cours des trois simulations de pluie effectives sur les différents sites sélectionnés.

	Pi (mm) p1	Pi (mm) p2	Pi (mm) p3
SD	21,82	8,40	4,16
L+2H	≥ 30	17,70	6,51
L+H+Cpk	25,22	3,81	0,91
Ts	≥ 30	12,98	5,72

De plus, l'analyse des caractéristiques du ruissellement amène quelques commentaires supplémentaires :

- la pluie d'imbibition sur les parcelles labourées ou travaillées d'une façon simplifiée est importante étant donné que le sol est aéré. Toutefois, son importance très vite se forme une pellicule de battance ce qui explique que les pluies d'imbibition des deuxième et troisième simulation de pluie soient très sensiblement plus faibles ;

	Kr (%) p1	Kr (%) p2	Kr (%) p3
SD	8,21	43,65	74,69
L+2H	0	28,66	72,23
L+H+cpk	2,53	45,71	81,51
Ts	0	48,28	81,19

- le semis direct engendre un fort ruissellement dont la vitesse, cependant, est fortement ralentie par la végétation ;

- pour la parcelle labourée, on note une forte croissance du ruissellement, entre le premier et le deuxième essai, et surtout entre le deuxième et troisième essai, dû essentiellement à la disparition des sillons du labour sous l'impact des gouttes de pluie tombant sur le sol avec une intensité assez forte (fréquence décennale) et durant un temps assez long (3ème essai). Un phénomène similaire s'observe sur la parcelle soumise au traitement simplifié ; on a remarqué une décroissance nette de la courbe ; ceci s'explique, par le fait, que le labour a été gommé et même chose pour le travail simplifié avec une décroissance continue mais très lente ;

- sur la parcelle traitée au *cultipacker*, le compactage du sol explique la formation du ruissellement dès la 1ère simulation.

- sur le semis direct, l'herbe ralentit l'impact des gouttes de pluie et surtout la vitesse du ruissellement sans toutefois favoriser l'infiltration vraisemblablement bloquée à faible profondeur par la semelle de labour.

2.5.2 Pertes en terre

Le tableau récapitulatif présenté ci- dessous montre que les pertes en terre varient sensiblement avec les pratiques culturales.

Tableau récapitulatif des principaux transports solides durant les trois séries de pluie

	C. (g/l) p1	C. (g/l) p2	C. (g/l) p3
SD	0,4	0,34	0,31
L+2H	0	1,08	0,95
L+H+Cpk	6,97	6,93	4,95
Ts	0	1,65	1,22

C : concentration moyenne de sédiments érodés en g/l.

p1 : pluie n°1 ; p2 : pluie n°2 ; p3 : pluie n°3

- Sur le semis direct la légère décroissance des concentrations entre les simulations P_2 et P_3 n'est pas très significative. La valeur un peu supérieure trouvée pour P_1 est probablement due aux travaux d'installation du dispositif de mesure.

- Pour le labour + hersage, la légère diminution de la turbidité entre P_2 et P_3 paraît peu significative.

- Pour le site correspondant au labour + hersage + *cultipacker*, on note au contraire, un épuisement du stock de matières solides transportables, épuisement relatif puisque ce traitement induit dans tous les cas des concentrations très supérieures à celles mesurées ailleurs.

- Le travail simplifié plus conservateur que le labour + *cultipacker* reste tout de même 4 à 5 fois plus agressif que le semis direct.

On peut noter par ailleurs, que d'une manière très générale les concentrations en matières solides les plus fortes se situent lorsque commence le ruissellement.

La turbidité des eaux croît d'abord rapidement avec le débit liquide, puis elle diminue

(par dilution des produits érodés) avant que le ruissellement n'ait atteint son maximum (fig.2). Dans une première phase, les particules de sol dispersées par l'effet de *splash* sont entraînées par le ruissellement. Lorsque la lame d'eau augmente sur la parcelle, l'énergie des gouttes de pluie est plus facilement dispersée entraînant une moindre agressivité.

Le schéma général de ces résultats doit tenir compte de l'éventualité des phénomènes artificiels (rupture des petits barrages, changement de la pression d'eau lors de l'expérimentation mais aussi du lâchage brutal de la structure de la pellicule superficielle du sol).

En mettant en relation ruissellement et concentrations, on constate que le maximum de ces dernières est atteint avant celui du ruissellement et qu'en revanche, en fin de cycle, les concentrations baissent lorsque le ruissellement atteint son pic ; par conséquent il n'y a pas de relation univoque entre l'intensité de ruissellement et la perte en terre.

N.B : il faut signaler que compte tenu de la diversité des états de surface des sols pris en compte, il n'a pas été possible de réaliser pour chacun d'entre eux un nombre important de répétitions et de faire une analyse statistique de la variabilité inter et intra-sites.

Conclusion

Il ressort de cette étude que, parmi les pratiques testées le semis direct s'avère être une pratique culturale assez bien adaptée aux coteaux maigres. Cette technique, économique en main d'oeuvre et en énergie, réduit le nombre de passage des engins au strict minimum limitant ainsi la destruction de la structure du sol qui bénéficie en outre d'une couverture végétale protectrice. Néanmoins, cette technique ne peut être une solution durable que si le désherbage chimique et la lutte contre les ravageurs (les limaces) sont mieux maîtrisés. Toutefois elle provoque des pertes en eau importante qui nécessitent des mesures d'accompagnement comme l'implantation des fossés ou des rigoles d'évacuation des eaux de ruissellement, complétée éventuellement par la mise en place des retenues d'eau pouvant être utiles pour les agriculteurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Asseline J., Valentin C., 1978.- Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion, cah. ORSTOM, sér. hydrologie, vol. xv, n° 4.
- Casenave A., Chevallier P., Guignen N., Simon J.M, 1982. - Simulation de pluie sur bassins versants représentatifs, cah. ORSTOM, sér. hydrol.,vol. xix, n° 4, pp 207 - 297.
- Casenave A., Valentin C., 1989. - Les états de surfaces de la zone sahélienne, influence sur l'infiltration, ORSTOM, 226p.
- Collinet J., 1988. - Comportements hydrodynamiques et érosifs des sols de l'Afrique de l'ouest, évolution des matériaux et des organisations sous simulation de pluie, 513 p.
- De Noni G.,1994. - Projet de recherche sur l'érosion et la conservation des sols cultivés et sous pâturage en sud Aveyron ORSTOM 6p.
- De Noni G., Nouvelot J.F., 1994. - Bulletin réseau érosion, bull. n° 14, ORSTOM, 625p.
- Guillermin C., 1994. - Diagnostic de l'érosion pluviale dans les Rougiers de Camarès, propositions de pratiques culturales, CNAM et INAPG, 51p.
- Lafforgue A., 1977. - Inventaire et examen des processus élémentaires de ruissellement et d'infiltration sur parcelles, cah. ORSTOM, sér. hydrol., vol. xiv, n°4.
- Lafforgue A., Naah E., 1970. - Exemple d'analyse expérimentale des facteurs de ruissellement sous pluie simulée, cah. ORSTOM, sér. hydro, XIII, 3, pp 1955 - 2377.
- Nouvelot J.F., 1992. - Erosion mécanique, transport solide, sédimentation dans le cycle de l'eau, ORSTOM, 126p.

- Roose E., 1973. - Dix-sept années de mesures expérimentales de l'érosion et du ruissellement sur un sol ferrallitique sableux de basse Côte d'Ivoire, contribution à l'étude de l'érosion hydrique en milieu intertropical, 124p.
- Roose E., 1992. - Introduction à la gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols (GCES), ORSTOM Montpellier, 212p.



REVUE DES RÉGIONS ARIDES

Éditée par L'Institut des Régions Arides - Médenine - TUNISIE

ACTES DU SÉMINAIRE INTERNATIONAL

**« ACQUIS SCIENTIFIQUES
ET PERSPECTIVES POUR
UN DEVELOPPEMENT
DURABLE DES ZONES
ARIDES »**

Jerba 5-6-7 Décembre 1996.