

CARACTERISATION DE L'ERODABILITE D'UNE TERRE DE MOYENNE MONTAGNE MEDITERRANEENNE (SUD AVEYRON - FRANCE).

par

J. ASSELINE, G. DE NONI, J.F. NOUVELOT, E. ROOSE

Centre ORSTOM, BP.5045, Montpellier F 34032, France.

Résumé

Dans les années 1960-80, les paysans de l'Aveyron (piedmont méditerranéen de la façade sud de la France) ont profité de la proximité des Caves de Roquefort (fromage de grande renommée) pour étendre et intensifier leurs cultures fourragères sur des versants à forte pente et sols superficiels, sans investir dans la conservation de la fertilité des sols. Aujourd'hui, les sols posent de nombreux problèmes liés à divers processus d'érosion. Pour aborder le diagnostic de l'importance de ces divers processus, nous avons simulé des séries de pluies et de ruissellements dans le cadre de 4 pratiques culturales : le semis direct sans travail du sol, le labour conventionnel suivi de 2 hersages, idem plus 2 passages du rouleau cultipacker, et le travail réduit à un vibroculteur suivi de 2 hersages. Chaque traitement a reçu 3 averses de 60 mm/h. pendant 30 minutes, d'abord sur sol sec, puis sur sol humide 24 heures plus tard, et enfin, sur sol détrempé, 1 heure plus tard. La même approche a été utilisée pour la simulation de ruissellement avec un débit de 0.3 l/sec déversé au sommet de parcelles de 2 m de large et 9 m de long, sur des pentes légèrement concaves de 20 %.

Parmi les nombreux résultats, nous citerons ici :

- sur la surface enherbée non labourée, les pertes en terre sont négligeables mais le ruissellement dépasse 10 - 40 - et 74% : d'où les risques de ravinement des parcelles cultivées situées en aval;
- sous labour conventionnel grossier, les 50 premiers mm de pluie s'infiltrent complètement, mais ensuite, quand la croûte de battance s'étend, le ruissellement dépasse 50 à 72 % et les pertes en terre atteignent 152 g/m² durant le 3ème test ;
- si le travail est réduit au rotavator, le sol est peu épais, de telle sorte que le ruissellement est abondant après le 1er test (48 à 81 %) mais l'érosion est réduite (<40 g/m² pour le 3ème test) car les mottes sont tassées autour des radicelles ;
- la situation la plus dangereuse est liée au passage du rouleau cultipacker qui éclate les mottes. Après 25 mm de pluie, le sol est complètement encroûté de telle sorte que le ruissellement devient très élevé et l'érosion atteint 239 g/m² pour le 3ème test.

Les expériences de simulation de ruissellement ont confirmé ces conclusions et ont révélé l'importance du ruissellement hypodermique qui peut dépasser 50% dans l'horizon d'altérite du schiste lorsque les sols sont bien travaillés.

Ces observations montrent que sur ces sols superficiels cultivés, il est nécessaire de contrôler la circulation des eaux superficielles en augmentant la rugosité et la couverture végétale de la surface du sol, en créant des haies vives pour limiter la longueur de la pente et en améliorant la fumure organique.

Mots clés : Sud de la France, collines, pentes raides, argillites/schistes rouges, sols minces, techniques culturales, semis direct, labour, travail réduit au rotavator, rouleau cultipacker, simulation de pluies et de ruissellements, perte en terre, drainage hypodermique, diagnostic des processus, Erosion en nappe, en rigole, transport solide par les outils.

Introduction

L'étude se situe dans le Sud Aveyron (région des Rougiers de Camarès), à la périphérie septentrionale du midi méditerranéen français. Depuis une trentaine d'années, l'action de l'homme a provoqué une accélération notable de l'érosion sur un milieu naturellement fragile qui se distingue par des sols peu épais, un relief vallonné et une saison estivale à caractère méditerranéen. Les recherches ont consisté en des simulations de pluies et de ruissellement afin de caractériser l'impact de 4 pratiques culturales sur l'érodabilité des terres.

1 - Diagnostic de l'érosion dans la zone d'étude

1.1 - Les manifestations d'érosion observées.

Des études antérieures ont montré un doublement des superficies fortement érodées en moins de 40 ans. Actuellement, on estime que 80% des terres sont affectées par l'érosion dont 10% correspondent à des zones de ravinement généralisé (badlands). Les principales formes observées sont les suivantes :

- l'érosion en nappe, qui est la forme la plus répandue , touche indifféremment les zones cultivées et en friche et concerne 90% environ des terres situées hors des parties alluviales,
- l'érosion en rigoles, courante sur les terres cultivées, provoque sur les sols des griffures d'une dizaine de cm de profondeur où circulent des quantités importantes d'eau et de terre. Les travaux agricoles font parfois disparaître ces formes qui restent cependant reconnaissables sur les ruptures de pente où l'érosion régressive est active,
- l'érosion en ravine a pour conséquence d'inciser le sol sur des profondeurs de quelques décimètres à plusieurs mètres, la forme ultime étant le "badland".

L'effet à moyen terme de ces manifestations est l'appauvrissement de la terre arable avec un départ sélectif des argiles, des limons et des matières organiques : d'où l'expression des agriculteurs "les cailloux poussent". Parallèlement, on constate une destruction des semis et une baisse de rendements des cultures céréalières et fourragères. Quelques communes ont été affectées par des épisodes particulièrement spectaculaires et dramatiques ces dernières années. Des crues importantes ont été observées sur les principales rivières de la région ainsi que des coulées boueuses.

1.2 - L'environnement physique et humain de l'érosion.

1.21 Le relief.

La zone d'étude est localisée dans un vieux bassin sédimentaire datant du permien (280 à 250 millions d'années). Le substrat, qui résulte de la destruction des montagnes environnantes (Monts de Lacaune et du Lévézou), est composé par l'alternance de faciès schisteux et argilo-marneux, de couleur rouge dont la puissance est estimée à 200-300 mètres maximum. Les traits actuels du relief sont hérités du tertiaire (40 millions d'années) où les poussées liées à l'orogénèse alpine ont provoquée la déformation des sédiments et morcelé le relief en petites unités structurales de type "cuestas".

Les principaux éléments du relief qui interviennent dans la situation érosive sont les suivants :

- la faible extension des zones planes ou de faible déclivité ne recoupe jamais plus de 10% des terroirs,
- la nature friable du substrat qui constitue un matériau très sensible aux alternances gel-dégel ainsi qu'au transport par les eaux de ruissellement,
- la topographie vallonnée et irrégulière de la région où les pentes dominantes oscillent entre 20 et 40%, en particulier sur les revers de cuestas. Ces terres fragiles sont intensément travaillées et en conséquence très exposées à l'érosion. Le sol originel est peu épais et à chaque labour, l'agriculteur retourne un volume composite formé de schiste, d'argile rouge et de sol. C'est la raison pour laquelle on appelle localement ces terres "côteaux maigres ou Sabels".

1.2.2 - Le climat.

La zone d'étude est soumise à trois influences climatiques :

- un **climat océanique** au printemps et à l'automne avec une dominance des vents d'ouest humides provoquant des pluies à caractère orageux qui interviennent à une période où les sols agricoles sont peu couverts (semis de printemps et d'automne);
- un **climat continental** durant l'hiver avec des gelées qui débutent en novembre, les alternances gel-dégel (la température minimale ne dépassant jamais 5°), accélérant les phénomènes de désagrégation du schiste.
- un **climat méditerranéen**, durant l'été, avec une dominance des vents du sud et un déficit hydrique très marqué en juillet et en août (températures moyenne supérieures à 27°) qui n'exclut pas la formation d'orages violents et dévastateurs.

A Saint Affrique (324 mètres d'altitude), où se trouve la station météorologique la plus proche, la moyenne de la hauteur pluviométrique annuelle est de 824 mm pour la période 1964-1991. Le rapport entre le mois le plus sec et le mois le plus pluvieux est supérieur à 0,6 alors qu'il n'est que de 0,2 en climat méditerranéen, en outre les intensités maximales de pluie y sont plus modérées. Ainsi, l'intensité maximale de fréquence décennale est de l'ordre de 60 mm/h pendant 30 minutes.

123 Le contexte humain.

Ce contexte historique a contribué à amplifier les phénomènes d'érosion :

- le défoncement des affleurements de schiste et le défrichement des "côteaux maigres" où la couche arable n'atteint que 20 à 30 cm d'épaisseur ;
- la non couverture du sol de novembre à mars, période de l'alternance gel/dégel
- la suppression des haies dans le but d'agrandir les parcelles pour la culture motorisée ;
- les rotations rapides entraînant un retournement fréquent et un affinage poussé de la terre au *cultipacker* et les passages des engins agricoles plusieurs fois par an.

2 - Analyse quantitative de l'érosion dans les Rougiers de Camarès.

De ce diagnostic, il ressort que les pratiques culturales contribuent à accélérer l'érosion des terres, tant au niveau de l'impact de l'intensité des pluies sur le sol que du rôle de l'énergie du ruissellement en fonction de la morphologie du versant.

21 - Conditions d'expérimentation.

211 - Site expérimental.

Il s'agit d'un versant qui a été choisi pour les raisons suivantes :

- la situation sur les côteaux dits "maigres" où l'érosion est très active ;
- une pente moyenne de 20 % et des sols sablo-argileux développés sur un substrat formé d'une alternance de schiste et d'argilites, représentatif de la région. Il existe un seul horizon dont la profondeur (10 à 30 cm) et la pierrosité varient en fonction de la localisation sur le versant.

Compte tenu des pratiques culturales communément utilisées dans la région, nous y avons reproduit les cinq situations expérimentales suivantes (fig 2) :

SD : semis direct ;

L+L+2H b : travail classique sans *cultipacker* en bas de versant (labour + 2 hersages) ;

L+2H+Cpk : travail classique avec *cultipacker* (labour + 2 hersages + passage de *cultipacker*)

L+2H h : travail sans *cultipacker* en haut de versant (labour + 2 hersages) ;

Ts (Vb + 2 H) : travail simplifié (vibroculteur + 2 hersages).

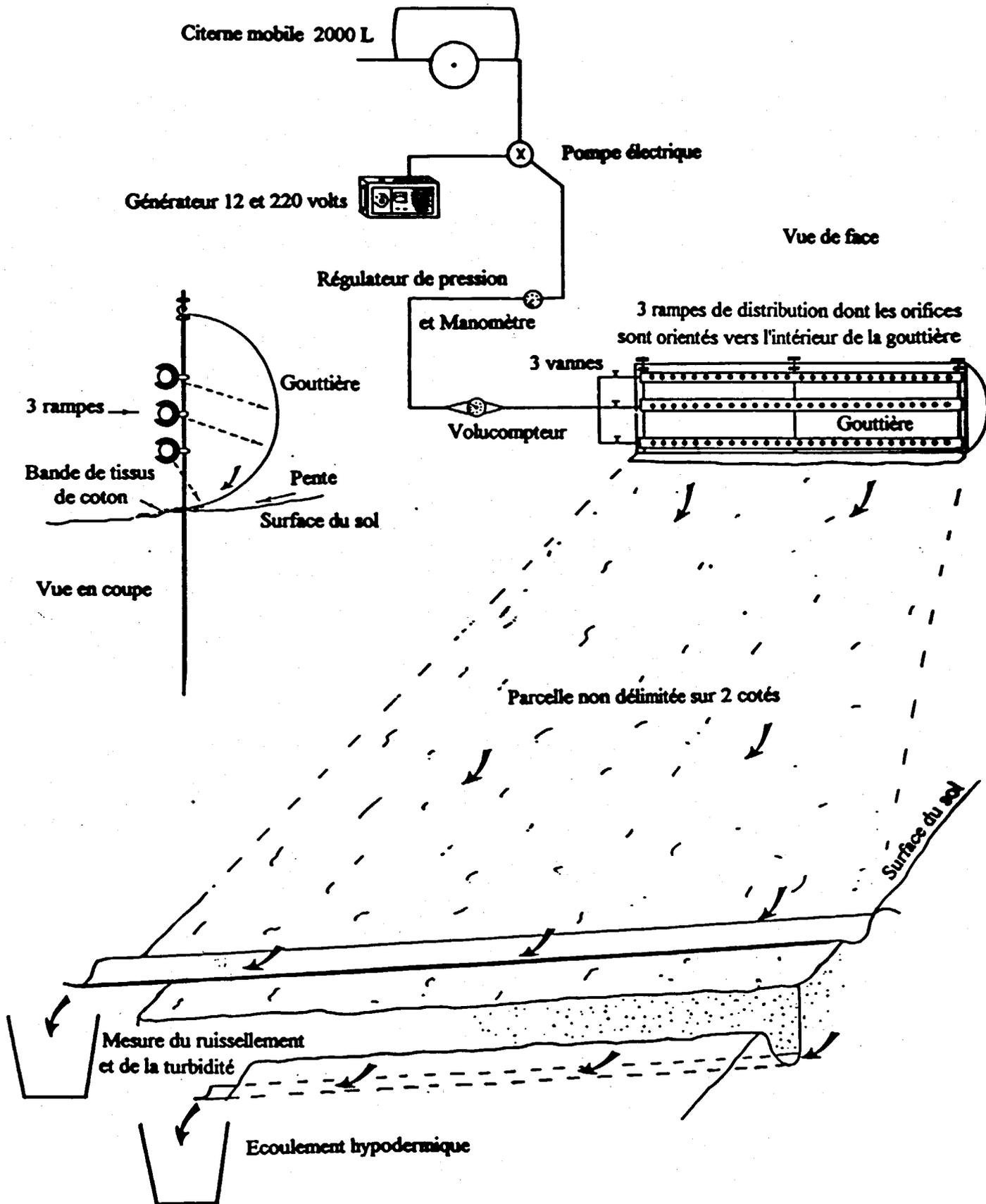
212 - Dispositifs de mesures.

Deux types de dispositifs ont été utilisés pour analyser le comportement hydrodynamique des sols ; l'un, le **simulateur de pluies**, pour apprécier l'impact de la battance des précipitations, l'autre, le **simulateur de ruissellement** pour mesurer le rôle des écoulements, superficiels et hypodermiques.

Le simulateur de pluie, de type ORSTOM (Asseline, Valentin, 1979), est constitué d'une tour pyramidale de 4 mètres de hauteur équipée d'un gicleur calibré, monté sur un bras mobile permettant d'arroser une parcelle de 1 m² matérialisée par un cadre métallique. Les intensités peuvent varier de 30 à 130 mm . h⁻¹, en fonction de l'angle de balancement choisi.

Le simulateur de ruissellement, conçu à cette occasion, est formé de trois rampes constituées de tubes PVC rigides de deux mètres de long. Chaque tube est perforé d'une ligne de trous de 1 à 1,5 mm de diamètre, espacés tous les deux centimètres. Ces tubes sont contenus dans une gouttière en PVC de même longueur, placée sur le sol en position verticale

FIG. 1. SCHEMA du RUISSELLOMETRE



et perpendiculaire à la pente. Le contact avec le terrain est réalisé au moyen d'une jupe de tissu afin d'obtenir un écoulement laminaire de l'eau qui présente une énergie cinétique nulle à la sortie de la gouttière. A partir d'une réserve d'alimentation, l'eau est mise sous pression au moyen d'une électro-vanne qui permet de régler le débit d'injection. Un canal en fibrociment, à l'exutoire de la parcelle longue de 9m, permet de récupérer l'eau de ruissellement superficiel. Pour l'écoulement hypodermique, un fossé a été creusé jusqu'au schiste dont le pendage est en concordance avec la pente topographique.

213 - Protocole expérimental.

Quel que soit le type de simulation utilisé, le protocole vise à mesurer les débits ruisselés et les charges solides sur les différents états de surface du sol sélectionnés.

Pour la simulation de pluie, le protocole est basé sur une pluie d'intensité constante de $60 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ d'une durée de 30 mn, correspondant à un temps de retour de 10 ans. Afin d'étudier, le rôle de l'humidité du sol, cette intensité est répétée trois fois sur chaque site :

- une première pluie sur un sol sec, présentant des conditions proches de celles rencontrées en période estivale lors des orages d'été ;
- une seconde pluie, intervenant 24 heures après, représentative du début de période pluvieuse
- enfin une troisième pluie, survenant une heure après la précédente, pour simuler une période pluvieuse déjà bien avancée (printemps).

Pour la simulation de ruissellement, on a adopté un protocole de même nature que le précédent, mais distribué différemment dans le temps pour des raisons pratiques. La seconde simulation (sol humide) intervient 1 heure après la première (sol sec) et la troisième simulation 8 jours après la seconde (état d'humectation intermédiaire). Au cours des différents essais, le débit injecté a été de 0,3 l/s réparti sur 2 mètres linéaires.

22 - Les résultats des simulations.

221 - La simulation de pluies

2211) Caractérisation physique de la parcelle.

Pour effectuer les essais de pluies simulées, nous avons pris en compte les différents facteurs physiques suivants :

- les états de surface caractérisés par le pourcentage de surface fermée (= Σ des pellicules de battance + croûte de sédimentation + cailloux), de surface ouverte (= Σ des mottes < 1 cm +

mottes < 3 cm + mottes >3 cm + trous de vers de terre) et de surface couverte (litière ou végétation) ;

- la rugosité appréciée à la chaîne par des observations sur l'évolution du micro-relief ;
- l'état d'humectation évaluée en surface sur 10 cm de profondeur.

Ces facteurs sont mesurés avant et après chaque simulation.

2212) Les processus hydrodynamiques et les pertes en terre observés.

En règle générale, au cours d'une averse d'intensité constante, ces processus se décomposent en 4 phases bien distinctes:

- *phase d'imbibition* (P_i en mm) qui exprime la hauteur de la pluie qui tombe sur la parcelle sans provoquer de ruissellement, en conséquence la capacité d'infiltration est en tous points supérieure à l'intensité de pluie qui parvient au sol ;
- *phase à régime transitoire* correspondant à l'apparition du ruissellement en filets et en nappes : l'humidité du sol augmente, l'impact des gouttes de pluie pulvérise les agrégats, colmate les pores et les flaques débordent ;
- *phase à régime permanent* durant laquelle l'intensité de ruissellement se stabilise à son niveau le plus élevé jusqu'à la fin de l'averse ;
- *phase de vidange* représentant le ruissellement après la fin de l'averse appelé détention superficielle récupérable (D_r en mm).

Pour les résultats concernant ces 3 dernières phases, le ruissellement a été exprimé soit en $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ (hydrogramme) soit en pourcentage de la pluie (K_r).

La mesure des pertes en terre, dans le contexte de l'expérimentation, ne représente à l'échelle du m^2 que le détachement provoqué par l'impact des gouttes de pluie (effet *splash*) sur le sol et non pas l'érosion due à l'énergie du ruissellement. Comme pour les hydrogrammes, elles sont exprimées sous la forme de turbidigrammes qui permettent de suivre les variations de la concentration en matières solides ($\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$) au cours de l'averse.

2212) Les résultats de simulation de pluies.

Pour chaque pluie, l'examen des hydrogrammes et des turbidigrammes donne les résultats suivants :

1ère série de pluies

Le tableau ci-après récapitule les principaux résultats concernant la dynamique de l'eau et des sédiments sur les sites testés :

	Humidité initiale %	1ère simulation de pluie			
		Pi (mm)	Kr (%)	C. (g/l)	Kr max (%)
SD	15,3	21,8	8,2	0,4	46,1
L+2H b	14,2	> 30	0	0	0
L+H+Cpk	12,1	25,2	2,5	6,97	17,8
L+2H h	10,8	>30	0	0	0
Ts(vb+H)	14,7	>30	0	0	0

Les conditions d'humidité du sol, pour cette première pluie, sont relativement proches d'un site à l'autre, variant de 11 à 15 %.

La rugosité de la surface du sol est de l'ordre de 5 % pour le labour + *cultipacker*, de 15% pour le labour et de 22 à 24 % pour le travail simplifié.

Les parcelles labourées (en bas et haut de versant) ainsi que celle travaillée de façon simplifiée n'ont pas ruisselé. Ceci s'explique par le fait que, durant cette première simulation de pluie, les mottes du labour ont piégé l'eau dans les dépressions du sol, favorisant ainsi l'infiltration.

Seules ont ruisselé la parcelle compactée au *cultipacker* et celle traitée en semis direct. La phase d'imbibition est cependant relativement lente : 20 mn pour la première et 16 mn pour la seconde. Néanmoins, le ruissellement reste peu intense tout au long de la durée de l'essai, les valeurs extrêmes fluctuent de 8 à 28 mm /h sur le semis direct ($K_r = 8\%$) et de 8 à 11 mm /h sur le labour + *cultipacker* ($K_r = 2,5\%$). Au cours de cette pluie, le régime permanent n'est pas atteint.

A la fin de l'essai, on constate que l'impact des gouttes de pluie a provoqué une fermeture importante du sol (40 à 50 % de la parcelle) sur les terrains sans protection végétale : labourés, hersés ou tassés au *cultipacker*.

Les turbidités sur le labour + *cultipacker* sont relativement élevées (environ 7 g . l⁻¹ sur toute la durée de la simulation). Par contre, le semis direct, grâce à son couvert herbeux, donne très peu de charge 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. Dès ces premières manifestations, on observe le phénomène très général qui montre que la turbidité des eaux croît d'abord rapidement avec le débit liquide, atteint un maximum avant le pic de ruissellement ce qui explique que la relation ruissellement-concentration ne soit pas univoque, ce décalage traduisant un véritable hystérésis.

2ème série de pluies

La seconde simulation, 24 heures après la première, affecte un sol dont les conditions d'humidité sont sensiblement supérieures à celles de l'essai précédent (voir tableau ci-après) :

	2ème simulation de pluie				
	Humidité initiale %	Pi (mm)	Kr (%)	C. (g/l)	Kr max (%)
SD	19,9	8,4	43,7	0,34	69,9
L+2H b	21,0	17,7	28,7	1,08	78,0
L+H+Cpk	27,6	3,8	45,7	6,93	76,6
L+2H h	18,8	4,2	19,3	3,60	40,4
Ts(vb+H)	22,6	13,0	48,3	1,65	93,0

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 ruisselé. On peut noter que sur tous les sites le ruissellement débute à partir des cinq premières minutes sauf dans les cas de L+2H b 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 les sites labourés.

A la fin de cette deuxième pluie, le régime permanent d'écoulement est atteint pour le L+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 (< 5%), sauf dans le cas du travail simplifié Ts.

Au cours de cette pluie, il apparaît que les pertes en terre peuvent varier sensiblement selon les traitements. Le semis direct continue à bien protéger le sol (un peu plus de 0,3 g . l⁻¹ en moyenne) tandis que le labour avec cultipacker confirme son agressivité (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. On peut également noter une différence sensible, de nature texturale, entre les résultats obtenus pour les labours de bas et de haut de versants, les derniers étant 4 à 5 fois plus sensible au *splash*. L'analyse granulométrique des

sédiments érodés par rapport au sol en place montrent une érosion sélective des argiles et limons

3ème série de pluies

La troisième pluie qui intervient 1h après la seconde, tout en conservant une intensité de $60 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$, a une durée d'une heure au lieu de 30 minutes pour les précédentes (voir tableau suivant) :

	3ème simulation de pluie				
	Humidité initiale%	Pi (mm)	Kr (%)	C. (g/l)	Kr max (%)
SD	29,1	4,2	74,7	0,31	89,9
L+2H b	23,0	6,5	72,2	0,95	86,8
L+H+Cpk	24,9	0,9	81,5	4,95	90,5
L+2H h	23,1	1,5	54,4	4,70	69,0
Ts(vb+H)	25,5	5,7	81,2	1,22	97,5

Cet essai confirme les tendances d'évolution des paramètres hydrodynamiques observées durant la pluie précédente :

- une baisse importante des hauteurs des pluies d'imbibition et de leur durée ;
- une augmentation de l'intensité de ruissellement et par conséquent du coefficient global correspondant (Kr).

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 la 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.

Pour les pertes en terre, on constate par contre une stabilisation de l'érosion due à la forte humidité du sol et au pourcentage élevée de zones fermées.

La simulation a reproduit une situation hydrologique extrême dont le temps de retour est très supérieur à 10 ans puisque cette pluie a duré 60 mn au lieu de 30 mn (fréquence décennale). De plus, cette pluie exceptionnelle tombe sur un sol très engorgé par la pluie précédente.

Fig. 2. Simulation de pluie à MONTLAUR

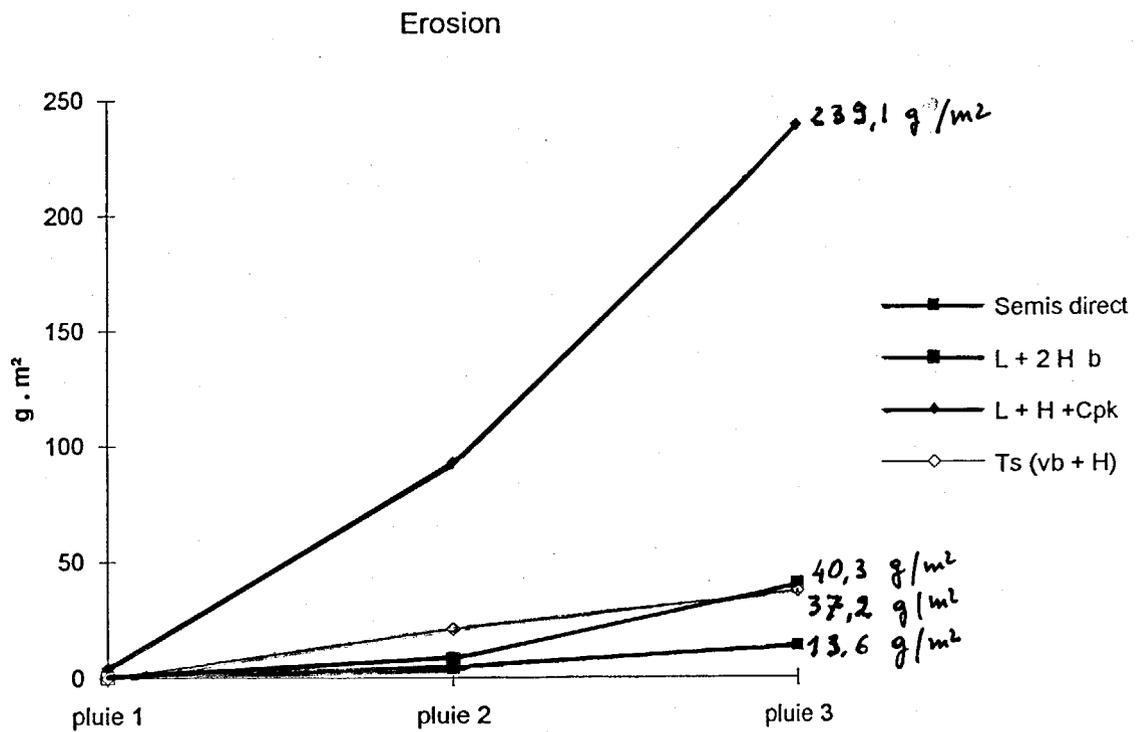
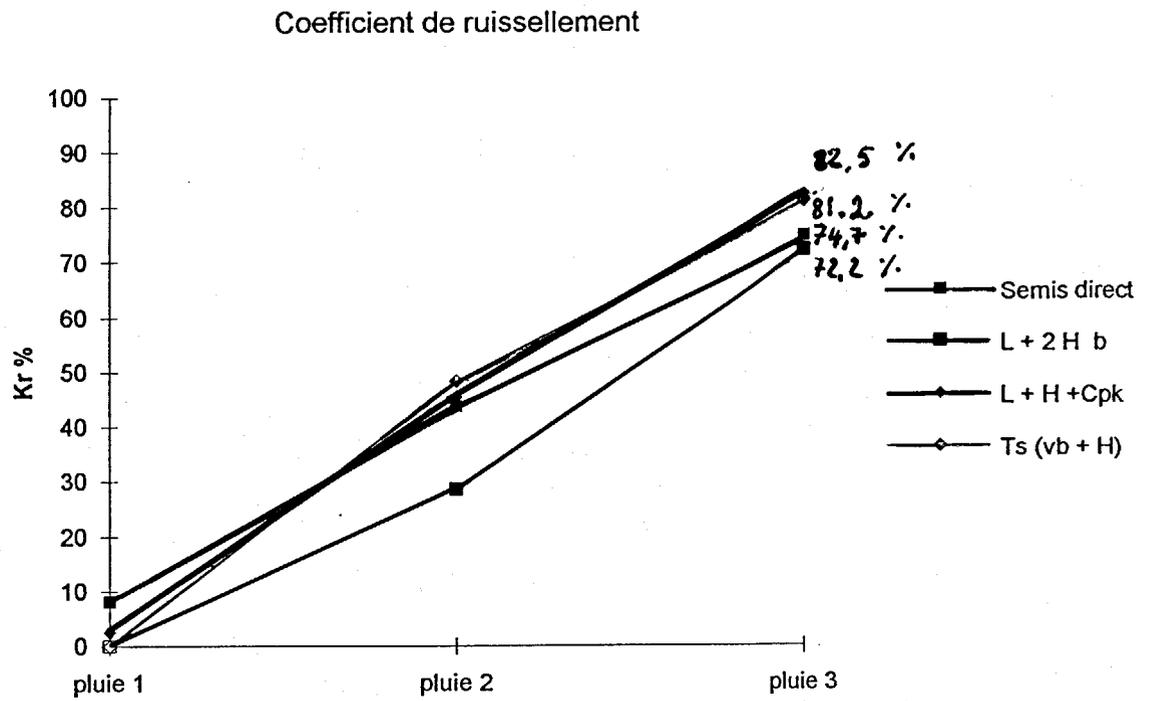
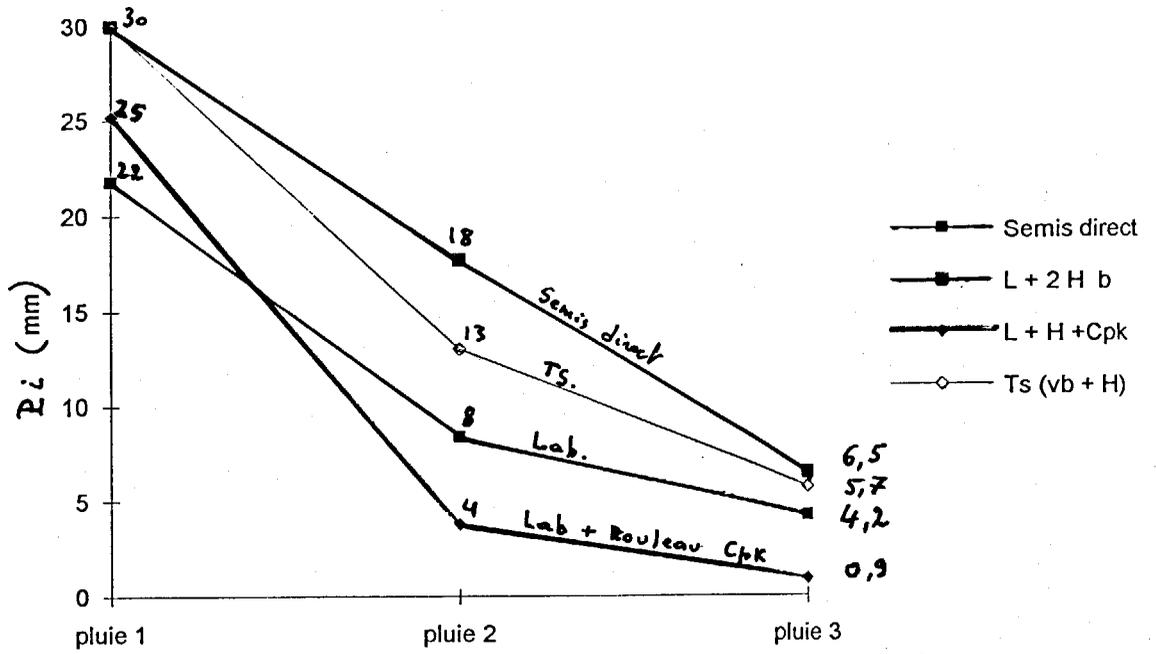
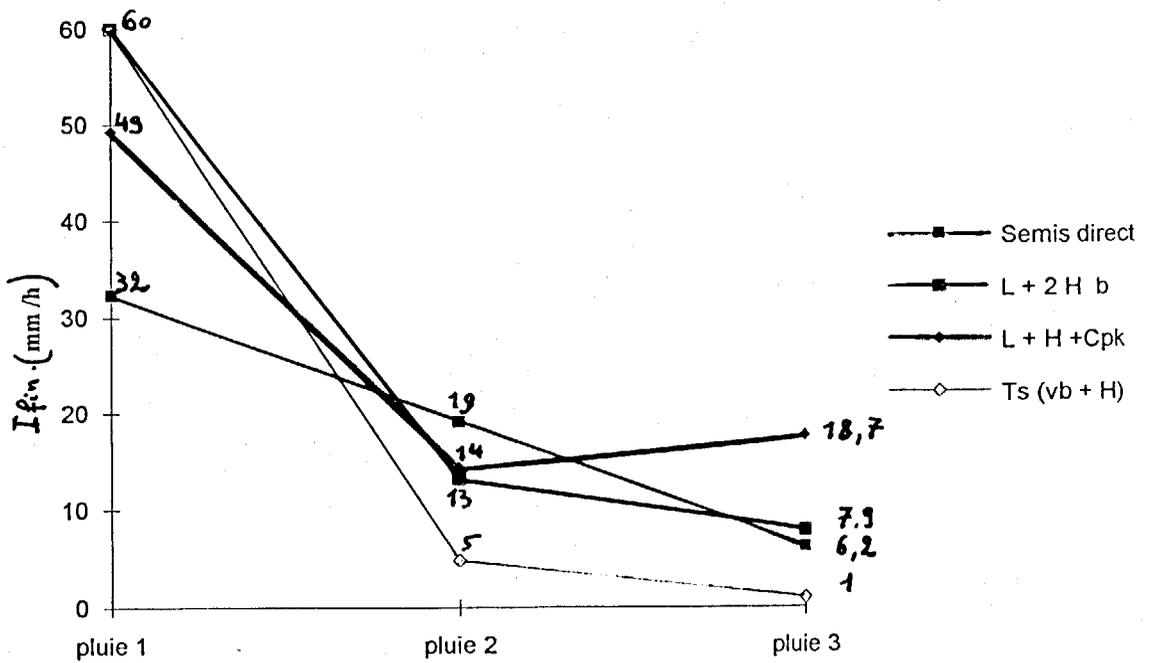


Fig. 3. Simulation de pluie à MONTLAUR

Pluie d'imbibition



Infiltration minimale



222) Les résultats de simulation de ruissellement.

Les simulations ont été réalisées sur des pentes de l'ordre de 20% et 3 types d'états de surface :

- semis direct ;
- labour perpendiculaire à la pente + herse rotative combinée au semoir ;
- labour + herse + *cultipacker*.

Les mesures ont porté sur les quantités d'eau ruissellée, la vitesse de ruissellement ainsi que sur les charges solides.

Lorsque l'eau s'écoule en surface, on constate que le ruissellement commence en nappe, avec un front d'humectation de 10 à 20 cm de large. Au-delà, des différences significatives sont observées en fonction des états de surface, les filets d'eau s'organisant suivant les traces de roues des tracteurs ou les sillons provoqués par les outils de travail et non pas en respectant strictement la pente naturelle du terrain. Dans le cas du labour, aucun ruissellement superficiel n'a été observé, l'écoulement de l'eau s'opérant de façon hypodermique.

Il ressort des 3 séries de simulations, les observations suivantes :

Première simulation

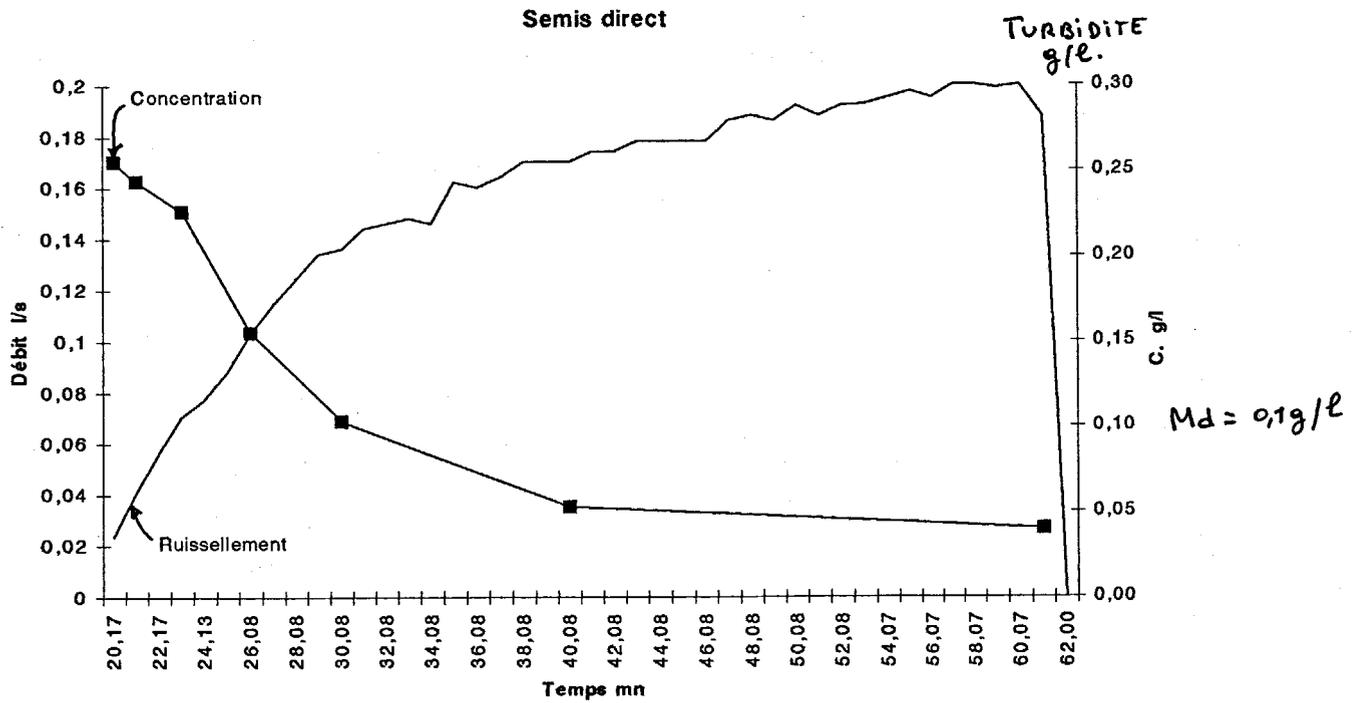
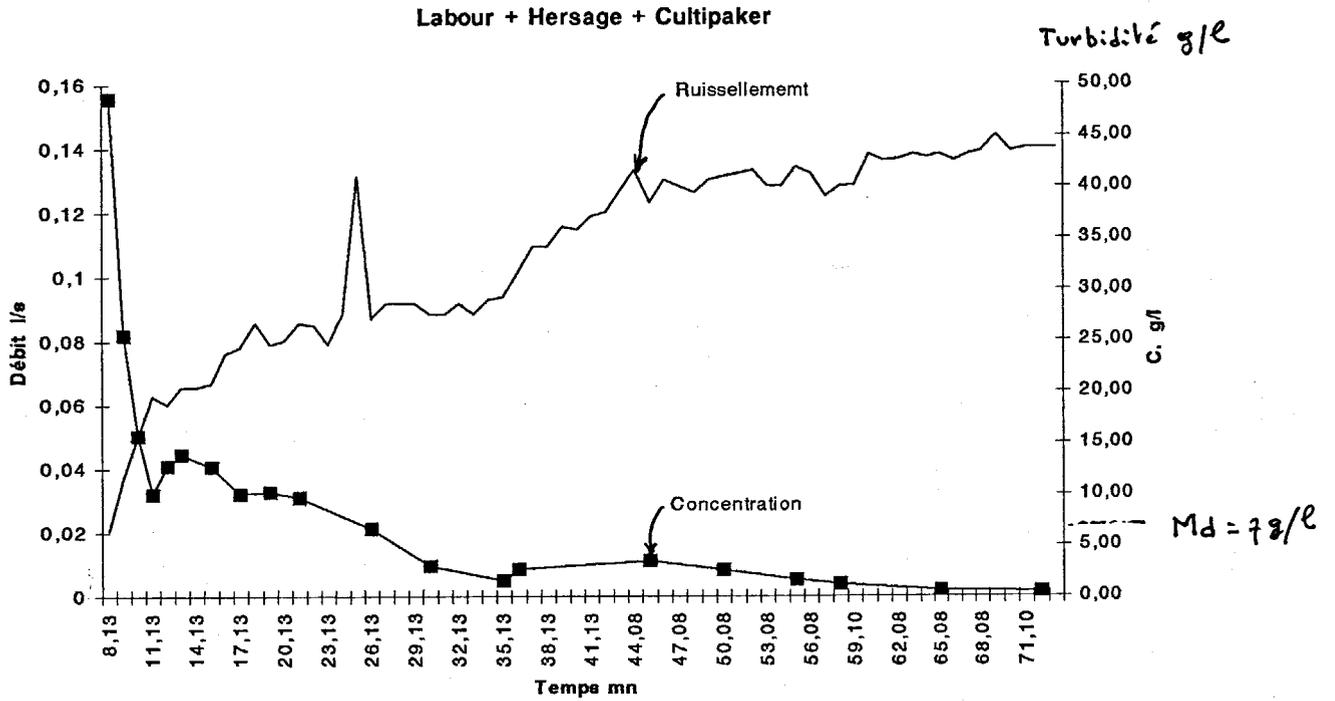
Les résultats de cette première manipulation, menée sur un sol sec à l'humidité du champ, sont consignés dans le tableau ci-dessous :

<i>1ère simulation de ruissellement</i>					
	Pente %	Kr (%)	C (g/l)	Vm (m/s)	Kr max %
SD	21,5	47,3	0,09	0,05	74,1
L+2H b	20,0	Ruissellement hypodermique			
L+2H+Cpk	20,0	31,9	3,87	0,18	47,7

Sur le semis direct où la rugosité est fonction du couvert herbeux, 20 minutes ont été nécessaires pour que les premiers filets d'eau ruissellent et arrivent à l'exutoire, tandis que pour le labour + *cultipacker* 7 à 10 minutes ont suffi. On constate par ailleurs que la vitesse de ruissellement est de 4 à 5 fois plus rapide pour le labour + *cultipacker* que sur le semis direct. Un régime pseudo-permanent semble être atteint, dans les deux cas, en plus d'une heure.

Sur semis direct, on note un coefficient de ruissellement instantané maximal de 74,1 % et de 47,7% sur le labour + *cultipacker*. Les concentrations en matière solides sont respectivement de 0,09 g/l et de 3,87 g/l, soit dans un rapport de 1/40.

FIG. 4. PREMIERE SIMULATION DE RUISSELLEMENT



Deuxième simulation

La deuxième simulation de ruissellement se situe une heure après la première, avec des humidités du sol plus élevées et des rigoles déjà formées.

<i>2ème simulation de ruissellement</i>					
	Pente %	Kr (%)	C (g/l)	Vm (m/s)	Kr max %
SD	21,5	63,5	0	0,05	82,0
L+2H b	20,0	Ruissellement hypodermique			
L+2H+Cpk	20,0	51,4	2,41	0,16	60,7

Le régime pseudo permanent est atteint, dans les deux cas, dans un temps plus court (18 mn pour le semis direct et 14 mn pour le labour + le *cultipacker*), avec un coefficient de ruissellement instantané maximal beaucoup plus élevé que celui observé lors de la première simulation (KRmax respectivement 82 % et 60,7 %). **La vitesse de ruissellement est cinq fois plus forte pour le *cultipacker* que sur le semis direct**, ceci étant dû essentiellement, comme nous l'avons déjà souligné, à la formation de chenaux préférentiels bien marqués, lisses et tassés lorsque le *cultipacker* est utilisé après labour.

Les charges solides sont quasi nulles sur le semis direct et atteignent 2,41 g/l sur le labour + *cultipacker*.

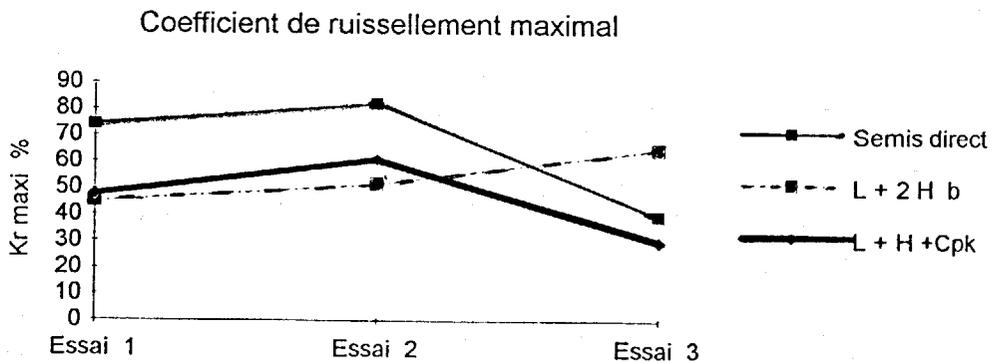
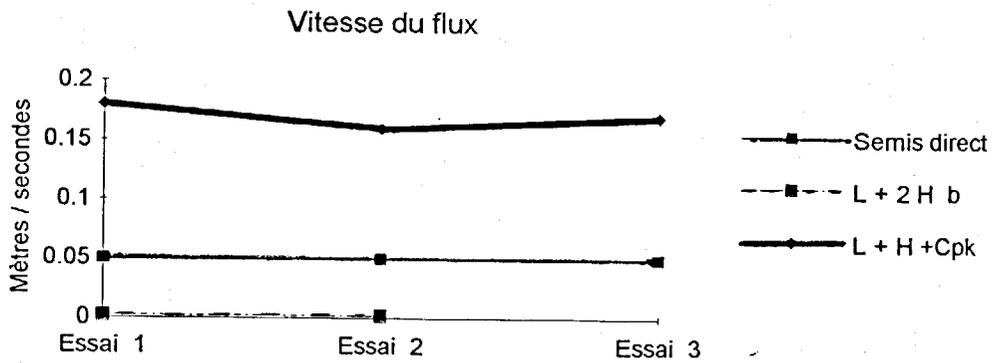
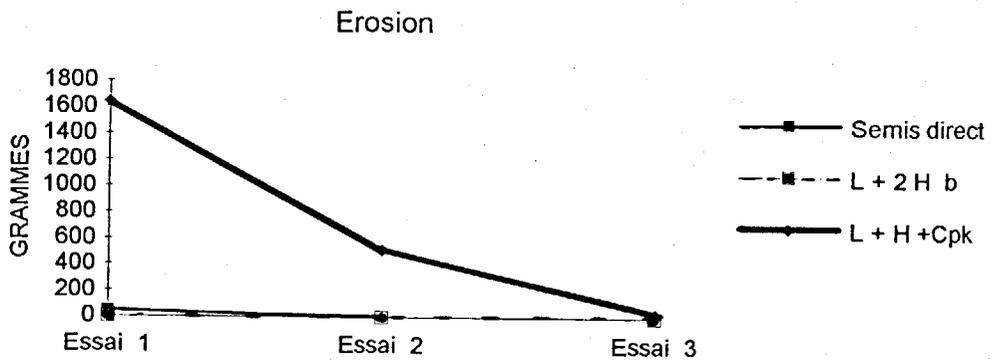
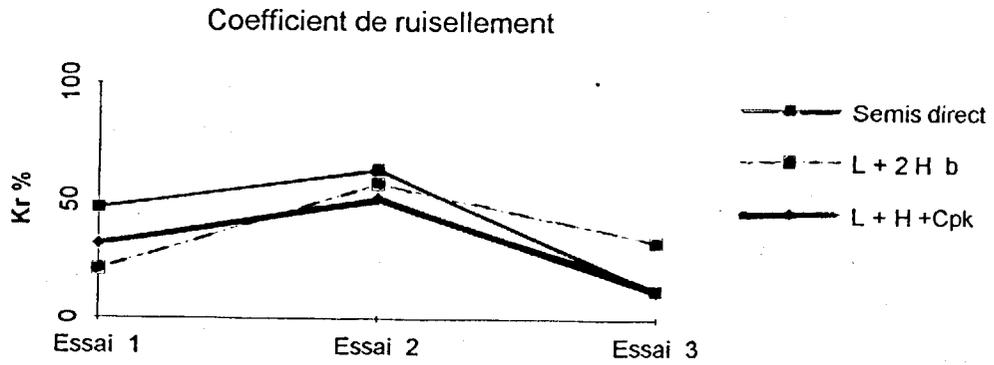
Troisième simulation

Ce troisième essai, réalisé après une période d'une semaine particulièrement sèche et ventilée, se caractérise par des coefficients de ruissellement globaux et maximaux sensiblement plus faibles que ceux observés au cours de la deuxième simulation (voir tableau ci-après).

<i>3ème simulation de ruissellement</i>					
	Pente %	Kr (%)	C (g/l)	Vm (m/s)	Kr max %
SD	21,5	12,5	0	0,05	39,5
L+2H b	20,0	Ruissellement hypodermique			
L+2H+Cpk	20,0	12,0	0,46	0,17	29,9

Là encore, la vitesse de propagation de ruissellement est quatre fois plus importante pour le labour + *cultipacker* que pour le semis direct, confirmant les observations faites précédemment. Par ailleurs, le semis direct se confirme être une excellente protection contre l'érosion (charge solide nulle), alors que les concentrations mesurées sur le labour + *cultipacker* restent importantes bien qu'un épuisement sensible du stock de matières solides, dû essentiellement à l'absence de *splash*, soit observé d'une simulation à l'autre, la diminution de la charge transportée étant dans un rapport de 1 à 9 entre le premier et le dernier essai.

FIG. 5. ESSAIS RUISSELLEMENT



Le ruissellement hypodermique

Sur la parcelle labourée, non compactée, aucun des trois essais n'a donné lieu à de l'écoulement superficiel malgré des débits et des volumes d'eau injectés importants :

- 1ère simulation correspondant à un débit de 800 l/h durant 116 mn ;
- 2ème simulation avec un débit de 2000 l/h durant 40 mn ;
- 3ème simulation avec un débit de 1300 l/h durant 89 mn ;

La circulation de l'eau s'effectue de manière hypodermique, à une profondeur se situant entre 20 et 40 cm. Le front d'humectation avance d'une dizaine de centimètres par minute ce qui laisse supposer qu'en régime permanent la vitesse d'écoulement doit être importante (plusieurs dizaines de cm/mn). Après arrêt des vannes d'injection, l'écoulement s'est poursuivi durant de nombreuses minutes (86 minutes dans le cas du 3ème essai), ce qui explique que les quantités d'eau recueillies correspondent, dans tous les cas, à des coefficients d'écoulement globaux dépassant 30% et 65% pour les coefficients d'écoulement instantanés maximaux. Ces valeurs représentent nécessairement une limite inférieure des coefficients réels, sachant qu'elles correspondent à un front de drainage de 4 mètres de long, alors que nous avons pu vérifier que sa longueur totale atteignait 8 mètres. Une valeur de 50% paraît vraisemblable.

L'importance de ce ruissellement hypodermique est due au blocage de l'infiltration par la semelle de labour ou le socle schisteux. La reproduction expérimentale de ce phénomène corrobore les observations de terrain qui ont montré la présence de très nombreuses petites zones engorgées d'eau (mouillères). Ce type de ruissellement hypodermique peut être à l'origine du déclenchement de glissements de terrain, et de la perte d'éléments fertilisants ou des pesticides

CONCLUSION

Il ressort que, parmi les pratiques testées, le semis direct s'avère être une pratique culturale assez bien adaptée aux coteaux maigres. Cette technique, économe en main d'oeuvre et en énergie réduit le nombre de passages des engins au strict minimum, limitant ainsi la destruction de la structure du sol lequel bénéficie de plus d'une couverture végétale protectrice.

Néanmoins, elle ne peut être une solution durable que si le désherbage chimique et la lutte contre les ravageurs (sautériaux, limaces, etc...) sont mieux maîtrisés.

Toutefois, elle provoque des pertes en eau superficielle importante qui, si elles limitent le drainage hypodermique par ailleurs néfaste (glissements de terrain, pertes d'intrants et des nutriments du sol), n'en nécessiteraient pas moins des mesures d'accompagnement dont certaines étaient traditionnellement utilisées telles les haies vives et les fossés enherbés.

Bibliographie

- Asseline, J., Valentin C., 1979. - Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion. Cah. ORSTOM, Sér. Hydrologie, Paris, 15, 4 : 321 - 350.
- Asseline, J., De Noni G., Nouvelot J.F., Roose E. 1994. - Note technique sur la construction et l'utilisation d'un simulateur de ruissellement, Cah. ORSTOM. Pédol., Paris 28, 2 (sous presse).
- De Noni, G., Nouvelot J.F., Roose E., 1994. Projet de recherche sur l'érosion et la conservation des sols cultivés et sous pâturages en Sud Aveyron. ORSTOM-Montpellier, 6 pp.
- Guillerm, C., 1994. Diagnostic de l'érosion pluviale dans les Rougiers de Camarès, propositions de pratiques culturales. CNAM et INAPG, Paris, 51pp.
- Lafforgue, A., Naah, E., 1970. Exemple d'analyses expérimentales des facteurs de ruissellement sous pluies simulées. Cah. ORSTOM, Sér. Hydrologie, Paris 13, 3 : 1955 - 2377.
- Moussa M., 1994. - Influences des techniques culturales sur le ruissellement et l'érosion dans les Rougiers de Camarès (Aveyron). Mémoire CNEARC-EITARC, Montpellier, 56 pp.
- Roose e., 1994. - Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols. Bull. Pédologique FAO, Rome, n° 70, 420 pp.