

# **Influence de la fumure organique sur la réhabilitation d'un sol superficiel en vue de la production d'une céréale fourragère dans les Rougiers de Camarès (S.O. France).**

par

**Eric Roose\*, Françoise Assogba\*\* et Catherine Guillerm\*\*\***

\*Directeur de recherche en pédologie au Centre ORSTOM BP 5045, 34032 Montpellier.

\*\*Ingénieur agronome à l'INRA, BP.03-1555, Cotonou, Bénin.

\*\*\*Ingénieur agricole, Chambre d'Agriculture de l'Aveyron, Sainte Affrique, France.

## **Résumé**

La Chambre d'Agriculture représentant les éleveurs du Sud Aveyron a fait appel à une équipe de l'ORSTOM (le LCSC de Montpellier) pour comparer l'influence des techniques culturales sur les risques d'érosion sur les coteaux maigres des Rougiers de Camarès, restaurer les sols dégradés et améliorer la production fourragère dans la zone de production du fromage de Roquefort. La première campagne de mesure à l'aide de simulateurs de pluies et de ruissellement a montré que, sur ces sols très superficiels (30 cm) sur schiste, les techniques culturales habituelles provoquent soit un ruissellement superficiel (cas du labour suivi du rouleau cultipacker ou du semis direct) soit un drainage hypodermique presque aussi abondant, au contact de la roche imperméable. Le groupe de chercheurs et d'éleveurs a donc décidé d'améliorer la capacité de stockage en eau du sol par enfouissement de fumier frais de brebis.

Durant la 2ème campagne, l'enquête sur une douzaine d'exploitations représentatives de la région a montré qu'avec 500 brebis, l'exploitation moyenne produit 500 t/an de fumier pailleux. Selon la disponibilité en temps et en matériel d'épandage, la stratégie des paysans consiste à épandre sur les terres les meilleures et les plus proches jusqu'à 60 t/ha tous les 6 à 8 ans ou 30 t/ha tous les 3 ans sur un plus grand nombre de parcelles, en tête de rotation.

En avril 1995, 4 doses de fumier frais (0, 20, 40, 80 t/ha à 30 % de Mat.Sèche.) ont été enfouies à 25 cm par un labour à plat sur un sol maigre limono-argileux rouge, mélangé de plaquettes de schiste altéré, sur une pente de 20 %. Deux mois plus tard, on a caractérisé l'état de surface du sol, simulé une pluie de 60 mm avec un arroseur manuel à rampe, mesuré la capacité d'infiltration et l'humidité du sol à capacité au champs (après 24 heures). Un mois plus tard, furent mesurés la production fourragère et le taux d'humidité du sol au moment du flétrissement de la céréale. Enfin, au laboratoire ORSTOM de Montpellier, on a testé la résistance des mottes (10 à 20 grammes) à la battance de gouttes de 3.6 mm de diamètre émises depuis 1 m de hauteur.

Les résultats ont montré qu'au bout de deux mois, le fumier tassé au fond du labour a eu peu d'effet sur les propriétés physiques du sol. Seule la capacité de stockage en eau du profil s'est amélioré de 5.8 mm sur 30 mm avec l'apport de 80 t/ha. Cependant le fumier a eu un effet positif net sur la production de biomasse avec un optimum situé autour de 40 t/ha, la dose de 80 t/ha ayant provoqué un échaudage d'autant plus fort que le sol est superficiel et caillouteux.

L'effort va s'orienter vers la recherche de techniques culturales qui mélangent mieux le fumier à l'horizon superficiel du sol pour améliorer sa résistance à l'érosion et sa productivité.

**Mots clés :** fumier de brebis, réhabilitation lithosol sur schiste, propriétés physiques, mini simulateur de pluies, productivité, céréale fourragère, Aveyron, France.

## I - INTRODUCTION

Depuis les années 1960, les éleveurs de brebis de la région des Rougiers de Camarès (Département de l'Aveyron, sud ouest de la France) ont été incités à améliorer leur productivité pour faire face à l'extension de la demande en fromage de Roquefort. Pour ce faire, ils ont été amenés à augmenter leur troupeau (300 à 500 brebis par exploitation), à étendre les surfaces cultivées aux coteaux maigres (lithosols peu épais rapidement drainés au printemps) et à intensifier la production fourragère (1 ou 2 soles de céréales suivies de 2 ou 3 ans de prairie de graminées ou de luzerne exigeant un travail fréquent et très fin du sol) : 6 à 8 passages du tracteur pour préparer le lit de semence ne sont pas rares (Guillerm, 1994).

En 30 ans, ces sols ont "fondu" sous l'effet de l'érosion hydrique en nappe et rigoles et de l'érosion mécanique due aux outils aratoires qui poussent la terre vers le bas des parcelles labourées. Aujourd'hui, les charrues mélangent la terre arable aux altérites limoneuses et caillouteuses du schiste.

Depuis leur défrichement, ces lithosols rouges sont devenus très susceptibles à l'érosion en rigoles pour de multiples causes :

- \*réaménagement du paysage et suppression des haies, talus, bosquets et fossés pour faciliter la mécanisation,
- \*extension des surfaces cultivées à des versants en forte pente (15 à > 30 %),
- \*intensification des techniques culturales pour tenter de satisfaire les besoins en fourrage,
- \*accélération des rotations et répétition des périodes dangereuses de dénudation du sol,
- \*diminution du taux de matière organique du sol suite à l'intensification du travail du sol,
- \* mélange des horizons par les labours profonds, tassement et pulvérisation de la surface du sol par les rouleaux,
- \*faible épaisseur du sol caillouteux sur la roche mère schisteuse imperméable.

La première campagne de mesure à l'aide de simulateurs de pluies et de ruissellement a montré que sur ces sols très superficiels, les systèmes de culture provoquent soit un ruissellement superficiel (cas du labour suivi du rouleau cultipacker ou du semis direct), soit un drainage hypodermique presque aussi abondant (Asseline et al., 1995).

Pour réduire les risques de ravinement dû à l'abondance des excès d'eau à gérer sur le versant, le groupe d'éleveurs et de chercheurs a décidé d'utiliser sur les coteaux maigres une partie du fumier disponible pour tenter d'améliorer la capacité d'infiltration et de stockage en eau du sol, la stabilité des mottes à la battance et leur résistance à l'érosion.

L'étude comprend trois parties : une enquête auprès d'une douzaine d'exploitations représentatives, une expérimentation en plein champ et une série d'analyses et de tests en laboratoire pour déterminer la possibilité de lutter contre l'érosion à partir du fumier frais disponible. L'intérêt de cette étude réside pour une part dans la stratégie (GCES) développée pour faciliter les interactions entre la profession, la formation et la recherche, et pour une autre part, dans la mise en place d'une expérimentation simple et peu coûteuse chez un exploitant, pour dégrossir le problème complexe de la réhabilitation des sols superficiels de cette petite région.

## II - LE MILIEU

Le Rougier de Camarès est situé au sud du département de l'Aveyron dans la région Midi Pyrénées et au centre du grand bassin sédimentaire permien de Sainte Affrique..

La région est influencée par trois climats selon les saisons. En automne et au printemps la région subit l'influence des vents humides océaniques occasionnant des pluies (P= 70 à 100 mm/mois) orageuses et violentes, à l'origine des dégâts d'érosion sur les champs finement pulvérisés avant les semis. En été, de juillet à septembre (Pluie < 50 mm/mois), les vents du sud apportent un climat méditerranéen très sec. En hiver, les vents du Nord apportent un climat continental très froid avec des gelées fréquentes dès octobre.

Les sols de coteaux maigres proviennent de la désagrégation d'une roche mère détritique fine permienne constituée de couches successives de schistes, d'argilites et de minces bancs gréseux. C'est pourquoi il est observé une abondance remarquable de plaques de schistes et de cailloux dans tout le profil (type A/C).

Les sols des coteaux maigres sont rouges, caillouteux, à matrice sablo-limoneuse en surface et limono-argileuse en profondeur. Le taux de matière organique est de 2,4 +0.2 % et le rapport C/N avoisine 8 ; on a donc une bonne minéralisation du carbone. Le pH eau est neutre (7.7 +0,3) et ne nécessite pas de chaulage; ces sols contiennent 13.4 + 1 mé/100 g de bases échangeables pour 14.5 + 1mé/100g de CEC : ils sont saturés en bases à plus de 90 % (Tableau I). Les teneurs en azote et phosphore disponibles sont limitantes à la production de céréales.

Tableau I. Caractéristiques de l'horizon labouré du sol de la parcelle de Verrières après enfouissement du fumier.

Dose de fumier	0 t/ha	20 t/ha	40 t/ha	80 t/ha
Argile %	22.0	22.2	22.1	24.6
Limons (2 à 50µ)%	32.7	32.7	32.0	30.6
Sables fins-< 200µ%	11.0	10.0	10.0	11.0
Sables grossiers%	34.5	35.0	35.6	33.8
M.O. %	2.4	2.6	2.1	2.4
C/N	8	8.6	8	8.9
pH eau	8.0	7.9	7.6	7.2
pH KCl	7.0	7.0	6.4	6.1
P assimilable (ppm)	27.5	32.9	24.3	24.9
Ca ech (mé/100g)	13.8	12.9	11.9	12.2
Mg " "	0.3	0.3	0.3	0.7
K " "	0.1	0.2	0.1	0.2
Na " "	0.1	0.1	0.1	0.1
CEC "	15.2	14.7	13.6	14.5
Capacité au champ 24 heures après irrigation de 60 mm : Hp %				
de 0 à 20cm	16.5	16.8	16.8	18.6 %
de 20 à 40cm	17.8	16.9	18.6	20.0 %
Humidité au point de flétrissement des céréales 25 jours après la dernière pluie: Hp %				
de 0 à 20 cm	2.5%	-	-	3.7 %
de 20 à 40 cm	4.0 %			6.0 %

### III - LES METHODES

Pour comprendre la gestion du fumier au niveau des exploitations des Rougiers de Camarès, une enquête a été réalisée auprès d'un échantillon représentatif d'agriculteurs (12 exploitations sélectionnées à partir d'un choix raisonné par la Chambre d'Agriculture) (Assogba, 1995). Cette enquête avait pour objectifs de déterminer :

- la disponibilité en fumier des exploitations,
- les types de sols concernés par la pratique d'utilisation du fumier,
- les stratégies de valorisation du fumier en fonction des disponibilités en matériel d'épandage.

Cette enquête a été complétée par des expérimentations en plein champ dans la commune de Montlaur à la ferme de Verrières et au Laboratoire d'étude du Comportement des Sols Cultivés (LCSC) de l'ORSTOM à Montpellier. Ces expérimentations consistent à étudier l'influence de 4 doses de fumier frais (0, 20, 40, 80 t/ha à 30 % de MS) sur les propriétés chimiques et physiques du sol (capacité d'infiltration et de stockage en eau, résistance des mottes à la battance des gouttes de pluie) et sur la production d'une céréale fourragère de printemps (l'avoine).

L'épandage du fumier a été réalisé du haut vers le bas de la pente sur des bandes de 5 mètres de large et 20 m de long à des doses croissantes avec 4 répétitions : le fumier a été enfoui le même jour (le 2 / 5 / 1995) par un labour profond à plat. Quinze jours plus tard, la levée est régulière, mais nettement plus vigoureuse sur les parcelles ayant reçu 40 à 80 tonnes de fumier.

Deux mois plus tard, la capacité d'infiltration a été mesurée sur 1 m<sup>2</sup> lors d'une simulation de pluie de 60 mm (à intensité variant avec la capacité d'infiltration du sol), à l'aide d'un arroseur manuel (Roose, 1996).

La capacité de stockage en eau du profil (30 cm) a été déterminée par la différence d'humidité entre les profils hydriques moyens (5 répétitions) à la capacité au champs (5 prélèvements à la tarière 24 heures après la fin de l'irrigation) et au point de flétrissement des céréales (1 mois plus tard) (Tableau I). La densité apparente a été mesurée à l'aide de cylindres d'un demi-litre enfoncés dans le sol ressuyé, le lendemain de la simulation.

La biomasse produite dans les carrés d'infiltration a été prélevée aux ciseaux et pesée à poids constant après passage à l'étuve : les rendements en juillet et août sont exprimés en kg/ha de matière sèche produite.

La résistance des mottes (de 10 à 20 g) à la battance a été estimée par la méthode des gouttes (3,6 mm de diamètre) émises par une burette à 1 m de l'entonnoir qui maintient la motte (30 répétitions) : cette résistance est proportionnelle au volume total des gouttes au moment où la motte, délitée par les gouttes, passe dans le goulot de l'entonnoir (McCalla, 1944 ; Fournier, 1989 ; Roose et Sarrailh, 1989 ; Ouessar et al., 1993). Les mottes ayant été prélevées dans l'horizon de surface, n'ont guère été influencées par les apports de fumier frais (voir figure 2).

### IV - LES RESULTATS

#### 4.1- L'enquête.

L'enquête auprès de douze agriculteurs a montré que le fumier est disponible dans chaque exploitation car un troupeau de 500 brebis produit en moyenne 500 t/an de fumier pailleux frais à 30% de matière sèche. Mais ce fumier est prioritairement destiné aux terres profondes des coteaux gras qui le valorisent mieux, ou sur les terres les plus proches de l'étable

si l'exploitant manque de temps. Pour l'instant l'utilisation du fumier ne constitue pas une alternative à l'achat d'engrais chimique, mais selon les agriculteurs, contribue à la restauration de la fertilité des sols qui se dégradent au cours du temps.

Trois types d'agriculteurs ont été recensés.

\*Ceux qui utilisent au maximum les valeurs agronomiques et fertilisantes du fumier. Pour ceux-ci, ce sont les cultures de prairies temporaires (luzerne, trèfle et ray-grass) qui bénéficient de ce fumier et quelquefois le maïs et le sorgho récoltés verts. Ces agriculteurs s'équipent en matériel d'épandage de fumier et 30 à 50 % de leur SAU reçoivent régulièrement du fumier. La fréquence d'apport de fumier est en moyenne de 3 ans et la dose épandue est comprise entre 15 et 30 t/ha.

\*Ceux qui font un compromis entre l'utilisation du fumier et de l'engrais chimique. Les cultures fumées sont les mêmes que précédemment, mais les superficies fumées par an ne dépassent pas 15 à 30 % de la SAU. Les doses appliquées sont par contre plus élevées (40 t/ha) et l'intervalle entre les apports est de 4 à 5 ans. Selon cette catégorie d'agriculteurs, l'épandage de fumier comporte beaucoup de risques, surtout au printemps où le problème de main d'oeuvre est crucial et où les aléas climatiques pendant l'épandage sont fréquents.

\*Ceux qui privilégient l'utilisation d'engrais chimique : ils ne sont pas forcément les moins performants en matière d'équipement d'épandage de fumier, mais le fumier est toujours complété par l'engrais chimique même si les quantités apportées atteignent parfois 60 t/ha. La fréquence d'épandage est de 6 à 7 ans et les coteaux maigres reçoivent très peu de fumier, moins de la moitié de la dose apportée sur les bonnes terres (Assogba, 1995).

L'objectif de la seconde opération est d'examiner l'effet de différentes doses de fumier frais sur les propriétés chimiques et hydrodynamiques d'un sol de coteaux maigres.

#### 4.2 - L'expérimentation au champ.

L'influence de 4 doses de fumier (0, 20, 40, 80 t/ha) sur les propriétés chimiques et physiques du sol (capacité de stockage en eau, capacité d'infiltration, résistance à la battance des mottes) et sur la production d'une céréale fourragère (l'avoine), a été testée de mai à juillet 1995.

La composition chimique de l'horizon labouré (échantillons moyens de 12 prises de 0 à 20 cm), rapportée au tableau I, n'a guère varié dans les 4 parcelles malgré les apports croissant de 0 à 80 t/ha de fumier frais. Ceci démontre bien que la majorité du fumier a été enfouie profondément, juste au-dessus du fond de labour, comme on a pu l'observer sur les profils culturaux.

La composition chimique de ce fumier frais est présentée au tableau II.

Tableau II. Composition chimique de quelques échantillons de fumier (% poids sec)

	N	P	K	Ca	Mg	SiO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
Bovin Md	2.7	0.8	6.0	2.3	0.6	7.9	77 %
Ovin Md	2.2	0.6	5.4	1.8	0.5	3.6	68 %
Ovin utilisé	2.2	0.6	3.6	4.5	0.5	5.9	67 %

On constate que le fumier d'ovins utilisé à Verrières est représentatif de ceux qu'on trouve dans la zone : il est relativement riche en potasse et azote, mais pauvre en phosphore et bases.

En général, le fumier d'ovin est plus pauvre que le fumier de bovin car les ovins se contentent d'une nourriture plus pauvre.

Deux mois après le semis (Tableau III), l'observation de l'état de surface des différentes parcelles a montré que les différences se situent surtout au niveau du couvert végétal (47 à 56%) mais cette différence n'est pas significative au seuil de 5%. Les traitements 40 et 80 t/ha de fumier ont les couverts végétaux les plus abondants. Le pourcentage de cailloux affleurants et de croûtes (constituant le sol nu "fermé") augmente de 40 % (T80) à 51 % sur les parcelles ayant reçu 0 et 20 t/ha de fumier. Les cailloux sur et dans le sol, constituent la principale source d'hétérogénéité des résultats.

Selon Casenave et Valentin (1988) les cailloux peuvent protéger les agrégats et augmenter l'infiltration s'ils sont situés au-dessus de la croûte de battance, mais si les cailloux sont insérés dans la croûte, ils favorisent le ruissellement. Sur les coteaux les deux situations peuvent être observées, ce qui augmente encore l'hétérogénéité de comportement du sol.

Tableau III. Etats de surface des parcelles arrosées : fréquences moyennes en % des observations sur une diagonale de la micro parcelle expérimentale arrosée (1 m<sup>2</sup>).

Traitement	couvert végétal %	Cailloux %	Sol nu fermé %	Nu ouvert %
T0	47.9	27	51.5	0.6
T20	47.1	32	51.4	1.5
T40	51.2	21	46.1	2.7
T80	56.3	24	40.4	3.0

Couvert végétal = canopée dressée + litière couchée.

Sol nu fermé = croûte de sédimentation + pellicules de battance + cailloux affleurants.

Sol nu ouvert = mottes + trous de mésofaune + fissures (voir Roose, 1996).

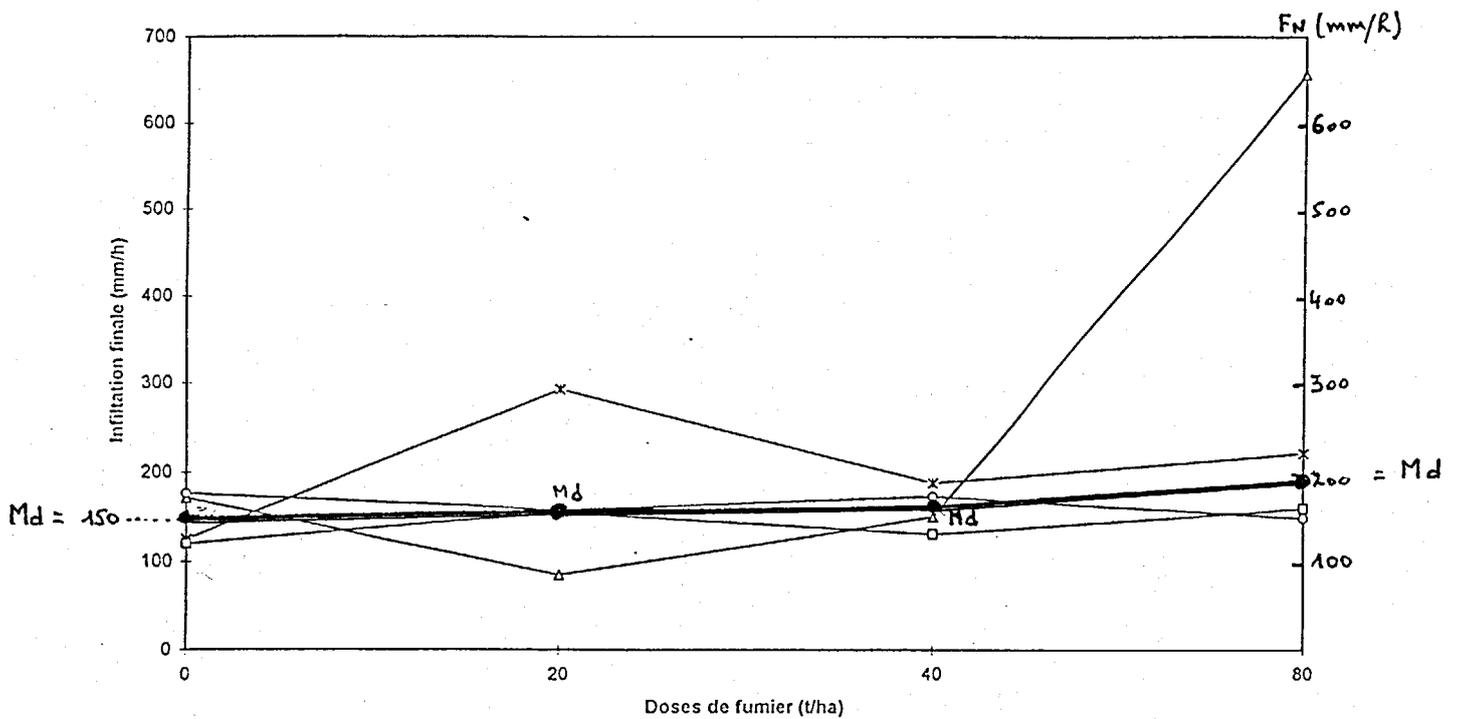
L'observation des vitesses d'infiltration à l'arroseur manuel montre une forte dispersion des valeurs d'infiltration obtenues pour chaque dose de fumier après 50 mm d'arrosage. Les plus forts écarts sont observés pour les traitements 20 et 80 t/ha. En considérant les médianes, on constate une légère amélioration de la vitesse d'infiltration, mais elle n'est pas significative au seuil de 5 %, ce qui n'est guère étonnant vu la fréquence des cailloux dans et sur le sol. ( voir figure 1).

L'humidité maximale (ou porosité utilisée par l'eau) est faible pour tous les traitements : après l'irrigation à l'arroseur, seul le traitement T80 permet d'obtenir  $H_p = 29\%$  d'humidité au delà de 20 cm. Pour tous les autres traitements, ce maximum est indifféremment compris entre 19 et 25 % (soit 24 à 33 % de porosité efficace en volume pour une  $d_{app} = 1.3$ ).

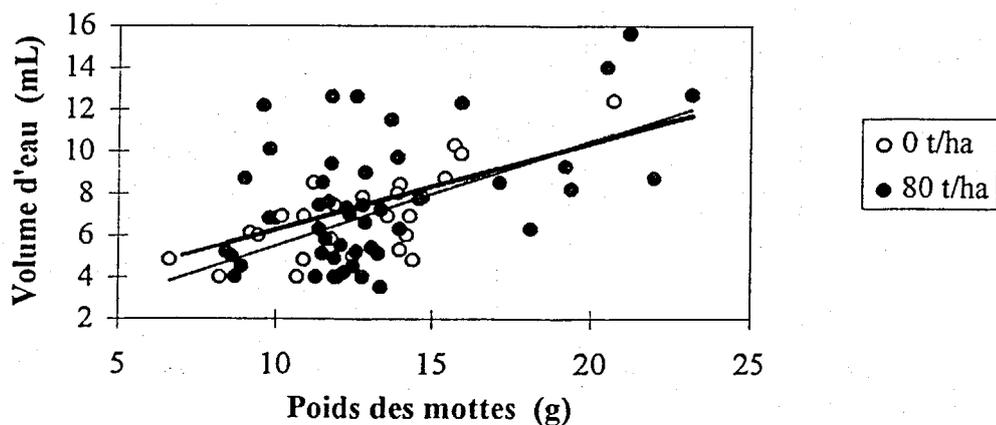
En profondeur, les apports de fumier ont eu un léger effet sur la capacité au champ, et donc sur la capacité de rétention en eau des sols ; les parcelles ayant reçu 80 t/ha de fumier ont gagné 5.8 mm par rapport à une capacité de stockage du profil de 30 mm (pour 30 cm d'épaisseur de sol).

La densité apparente (moyenne de 5 mesures) mesurée sur le sol ressuyé (24 h après l'irrigation) ne varie pas avec les doses de fumier : la densité apparente sèche est comprise entre 1,25 et 1,35 et la porosité totale entre 45 et 52 %. La porosité efficace pour l'eau n'occupe que 24 à 33 % de l'espace total : 20 % des pores sont donc difficilement accessibles à l'eau qui circule rapidement lors des pluies fortes.

**Figure 1. Effet de différentes doses de fumier sur l'infiltration finale mesurée à l'arroiseur manuel dans les sols de coteaux maigres de Verrières.**  
(FN médians en mm/h)



**Figure 2. Effet du poids de la motte sur la résistance à la battance pour deux doses de fumier.**



**Pour une dose de 0 t/ha de fumier**

$$\text{vol. d'eau (mL)} = 0,50 \text{ poids terre (g)} + 0,49 \quad (r^2 = 0,50 \text{ pour } n = 27)$$

(s = 1,30)      (s = 0,10)      (s = 1,30)

**Pour une dose de 80 t/ha de fumier**

$$\text{vol. d'eau (mL)} = 0,41 \text{ poids terre (g)} + 2,11 \quad (r^2 = 0,24 \text{ pour } n = 48)$$

(s = 2,63)      (s = 0,11)      (s = 1,48)

Les rendements en matières sèches 2 mois après le semis montre l'effet du fumier suivant les doses ; on observe un gain de poids de 0,5 t MS/ha entre 20 et 40 t/ha , mais au-delà, le gain de poids (0,1 t MS/ha) n'est plus significatif au seuil de 5% (voir tableau IV ).

A trois mois de culture, les mêmes tendances sont observées mais les écarts ne sont plus significatifs. Pour la dose 80 t/ha, il est observé des brûlures au niveau des feuilles surtout dans les parcelles à faible épaisseur de sol où on peut observer du fumier jusqu'en surface. La dose de 30 à 40 t/ha est la dose maximale pratiquée par les exploitants sur ces sols maigres, ce qui correspond à l'optimum pour ces sols (10 t/ha par 10 cm d'épaisseur : au-delà on peut craindre des échaudages lorsque les pluies s'arrêtent précocement, comme en 1995) .

Tableau IV. Influence du fumier frais enfoui sur le rendement en biomasse (t MS/ha).

Parcelle	après 2 mois	après 3 mois
T0	1.37 + 0.18	2.20 + 0.20
T20	1.54 + 0.31	2.30 + 0.28
T40	2.05 + 0.13	2.90 + 0.24
T80	2.28 + 0.09	2.77 + 0.29

#### 4.3.- Le test de laboratoire

Le fumier n'a pas eu d'effet significatif sur la **résistance à la battance des mottes de surface** , peu influencées par le fumier enfoui 2 mois plus tôt : ni les moyennes, ni les droites de régression de la figure 2 ne sont différentes statistiquement. Par contre on observe sur la figure 2 que plus la motte est lourde (ou grande), plus le volume d'eau nécessaire pour la détruire est important : il faut donc éviter de pulvériser la surface du sol si on veut retarder la fermeture du sol par les croûtes de battance. Ceci confirme les essais de la 1ère campagne : le passage répété du rouleau pulvérise les mottes et aboutit rapidement à la battance du sol et à un très fort ruissellement (Asseline et al., 1995).

## V - DISCUSSIONS

Les profils culturaux réalisés sur les différentes parcelles ont montré que le fumier, frais à l'épandage, enfoui par un labour à plat se retrouve 2 mois après, en majorité non décomposé sur le fond de labour, vers 25 cm de profondeur. De plus, l'hétérogénéité du sol est importante vu l'abondance des plaquettes de schiste dispersées dans tout le profil. Ces deux facteurs ont beaucoup influencé l'orientation et la précision des différents résultats obtenus.

L'abondance des plaquettes de schiste a entraîné la création de voies préférentielles de circulation de l'eau dans le sol : il en résulte une répartition hétérogène de l'eau dans le profil et la saturation très partielle de la porosité totale (24 à 33 % au lieu de 45 à 50 % de porosité totale). Le ruissellement abondant observé dès que l'irrigation dépasse 10 mm lors de la simulation de pluie rend bien compte de la présence des plaquettes sous la surface.

Les profils culturaux au niveau des parcelles montrent que quand les conditions le permettent, les racines vont jusqu'aux paquets de fumier pour puiser les éléments nutritifs,

mais pas au-delà. L'effet optimum de l'apport de fumier se situe autour de 40 t/ha pour un sol dont la profondeur ne dépasse guère 33 cm. Les observations sur le terrain semblent montrer qu'au delà de cette dose, le facteur minimal de production n'est plus l'apport de nutriments (N26 + P7 + K43 pour 40 t de fumier), mais la réserve hydrique du profil peu profond et bourré de cailloux. Plus le sol est superficiel, plus il a de cailloux d'altération et plus vite on observe l'échaudage des céréales.

Les mesures d'humidité du sol sec au point de flétrissement des céréales ont permis de déduire que l'humidité pondérale minimale (Hp min.) est 2.5% sur les 20 premiers centimètres et de 3.5 % en profondeur. Un apport de 80 t/ha de fumier a permis d'augmenter la capacité au champs de 3 % en surface (Hp / de 16 à 19 % si apport de 80 t de fumier) et de 5% en profondeur (Hp /de 17 à 22%), soit un peu moins de 5.8 mm d'eau, ce qui revient à épaissir le sol de 6 cm (sur 30cm). Avec 40 t/ha de fumier, on devrait logiquement améliorer la capacité de stockage en eau de la moitié de cette valeur, mais les résultats sont trop imprécis à cause des cailloux et l'amélioration n'est pas perceptible.

Au bout d'une trentaine de millimètres d'irrigation, on a observé du "drainage hypodermique" au contact entre le sol et l'altérite peu perméable. Plus le sol est épais plus l'écoulement hypodermique est retardé.

Curieusement, on n'a pas observé de corrélation entre le rendement en biomasse et la profondeur du sol. Cela signifie que si les pluies sont bien réparties, on peut avoir des rendements relativement satisfaisants sur terre superficielle. On peut aussi penser que la profondeur varie beaucoup à faible distance suite à la répartition des cailloux dans la zone de l'altérite.

Le test des gouttes tombant sur des mottes montre que les mottes les plus petites se désagrègent plus vite que les grosses et sont donc plus susceptibles de libérer des particules fines qui seront emportées par le ruissellement en nappe : la pulvérisation par les rouleaux entraîne rapidement le glaçage de la surface du sol et le déclenchement du ruissellement. Par ailleurs, les agriculteurs savent que pour avoir une bonne levée des petites graines fourragères, il faut assurer un bon contact avec des mottes de petites tailles. Il faudrait donc peser le risque de pluie agressive à l'époque des semis et choisir l'affinage des mottes en fonction de la taille des graines et des risques de glaçage de la surface du sol.

L'enfouissement de fumier frais n'a guère amélioré la résistance des mottes de surface à la désagrégation par les gouttes de pluie au bout de deux mois. Soit le fumier était en majorité tassé sur le fond de labour, soit il n'a pas eu le temps d'évoluer suffisamment, car tous les auteurs confirment l'influence majeure des matières organiques sur la stabilité structurale du sol (Wischmeier et Smith, 1978 ; Dumas, 1965, Roose, 1994, Feller, 1996).

## VI - CONCLUSION

1/ Grâce à une coopération suivie entre la Chambre d'Agriculture de l'Aveyron, le Centre de formation continue du CNEARC et l'équipe de recherche du Laboratoire d'étude du Comportement des Sols Cultivés (LCSC) de l'ORSTOM, des recherches appliquées au développement ont pu se développer sous trois formes complémentaires : enquêtes auprès des agriculteurs, expérimentation au champ en milieu réel et analyses au laboratoire. Le compte rendu des résultats auprès des professionnels a bien montré que cette approche GCES (Gestion

Conservatoire de l'Eau et de la fertilité des Sols) de la recherche de l'amélioration environnementale en milieu rural répond bien à leur attente.

2/ L'enquête a permis de rencontrer les exploitants dans leur milieu et de préciser le problème posé. Il existe dans chaque exploitation un abondant disponible en fumier frais dont il faut débarrasser les étables 2 à 3 fois l'an, mais la stratégie consiste à le valoriser au mieux sur les meilleures terres ou à les épandre le plus près possible de l'étable. Il se dégage cependant depuis peu une prise de conscience que les terres maigres, stratégiques pour sortir le troupeau le plus tôt possible au printemps, sont épuisées par les cultures répétées, dégradées par l'érosion et qu'une partie du fumier pourrait servir à les restaurer en favorisant l'altération des schistes.

3/ Les essais au champ ont montré l'influence favorable immédiate de l'apport de fumier frais sur le rendement fourrager, l'optimum étant situé vers 40 t/ha sur des terres caillouteuses de 30 cm de profondeur. Au-delà les bénéfices diminuent et les risques d'échaudage augmentent lorsque les pluies s'arrêtent trop tôt. Ces résultats confirment l'expérience des exploitants.

4/ Par contre l'apport de fumier frais enfouis à 25 cm n'a guère montré d'influence sur la résistance à l'érosion, ni sur l'infiltration au bout de deux mois. Seule la capacité de stockage en eau utile de l'ensemble du profil a été améliorée de 5.8 mm/30mm, soit près de 20% pour un apport de 80 t/ha de fumier ; cet amélioration n'est pas nette à des doses inférieures, peut être à cause de l'hétérogénéité du matériau caillouteux. Il est cependant logique de penser que, suite aux retournements lors du travail du sol et à l'augmentation de la biomasse racinaire, l'augmentation progressive du taux de matières organiques du sol améliore petit à petit la stabilité structurale, l'infiltration et la capacité de stockage de l'eau utile et donc la résistance à l'érosion. Il serait donc nécessaire de mettre au point un système de culture plus durable qui améliore le stock organique du sol en attendant l'altération relativement rapide des plaquettes de schiste. Des études sur plusieurs années permettraient d'estimer l'arrière effet de la fumure organique.

5/ Cette étude montre aussi qu'un ensemble de méthodes simples a permis de préciser la dynamique de l'eau du sol cultivé, le rôle des états de surface sur le ruissellement, le rôle de la saturation du profil sur le ruissellement de surface et le ruissellement hypodermique au contact de la roche imperméable. La lutte antiérosive qui consiste à améliorer l'infiltration ne suffit plus, il faut en outre organiser le drainage des excès d'eau de surface. Traditionnellement, les exploitants ouvrent à la charrue un petit sillon au travers de la pente pour évacuer au plus vite les excès d'eau de surface, mais ce faisant, ils accélèrent le temps de concentration des eaux et déplacent le problème d'une érosion en nappe vers le ravinement des versants et l'inondation des zones basses.

L'autre solution est à trouver dans l'approche GCES qui consiste à dissiper l'énergie du ruissellement sur la rugosité de la surface cultivée ou sur des structures perméables (ex.: semis direct, culture alternée dans l'espace de plantes annuelles et de prairies plus durables, bandes enherbées ou haies vives dont on retrouve des traces dans le paysage).

6/ Enfin, il serait utile à l'avenir, de tester des techniques culturales améliorant l'épandage et la distribution du fumier dans l'ensemble de l'horizon de surface et d'étudier l'arrière effet du fumier sur les rendements et l'amélioration des propriétés de l'horizon travaillé superficiel. Ce sera l'objet des études effectuées durant la campagne suivante (Barthès et al., 1997).

## BIBLIOGRAPHIE

- Asseline J., De Noni G., Nouvelot JF., Roose E., 1995. - Caractérisation de l'érodabilité d'une terre de moyenne montagne méditerranéenne (Sud Aveyron, France).  
Bull. Réseau Erosion, 15 : 471-488.
- Assogba Fr., 1995. - Influence de la matière organique sur l'érodibilité des sols de coteaux maigres du Rougier de Camarès. Mémoire CNEARC/ESAT/ORSTOM, 48 p
- Barthès B., De Noni G., Guillerm C., Roose E., 1997. - Agriculture et érosion dans les Rougiers de Camarès (Aveyron, France) : une démarche itérative entre une Chambre d'Agriculture et une équipe de recherche. Bull. Réseau Erosion, 17 : sous presse.
- Casenave A. et Valentin C., 1988. - Les états de surface de la zone sahélienne.  
ORSTOM Paris, 202 p.
- Dumas J., 1965. - Relation entre l'érodibilité des sols et leurs caractéristiques analytiques.  
Cah. ORSTOM Pédol., 3, 4 : 307-333.
- Feller C., 1996. - La matière organique dans les sols tropicaux à argile 1:1. Recherche de compartiments organiques fonctionnels : une approche granulométrique.  
Thèse et doc. ORSTOM Paris, TDM 144, 330 p.
- Fournier J., 1989. - Caractérisation et inventaire de l'érodibilité des sols dans le secteur de Palmeira , Brésil. Mémoire CNEARC/INRA/ORSTOM Montpellier, 50 p.+ annexes.
- Guillerm C., 1994. - Diagnostic de l'érosion pluviale dans les Rougiers de Camarès : proposition de lutte antiérosive. Mémoire Ingénieur ITIA, 51 p.+ annexes.
- Mc Calla T.M., 1944. - Waterdrop method for determining stability of soil structure.  
Soil Science 58 : 117 - 123.
- Ouessar M., Hartmann H., De Smeth J., 1993. - Modification of the aggregate stability indices for the wet sieving method and the waterdrop technique. Soil Technology, 6 : 329-336.
- Roose E. et Sarrailh JM., 1989. - Erodibilité de quelques sols tropicaux.  
Cah. ORSTOM Pédol. 25, 1 : 7-30.
- Roose E., 1994. - Introduction à la GCES. Bulletin Pédologique FAO, Rome, n° 70, 420 p.
- Roose E., 1996. - Méthodes de mesure de l'état de surface du sol, de la rugosité et des autres caractéristiques qui peuvent aider au diagnostic de terrain des risques de ruissellement et d'érosion. Bull. Réseau Erosion, 16 : 87-97.
- Wischmeier W.H., Smith D.D., 1978. - Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. USDA handbook n° 537, 58 p.