

Premiers résultats expérimentaux sur l'entraînement mécanique des terres par le travail du sol dans le Terrefort toulousain (France)

J.-C. REVEL (1), N. COSTE (1), J. CAVALIE (2), J.-L. COSTES (3)

(1) Laboratoire de Pédologie et Géochimie, Université Paul Sabatier, 38, rue des Trente-six ponts, 31062 Toulouse Cedex.

(2) Chambre d'Agriculture de la Haute-Garonne, Allées de Brienne, 31000 Toulouse.

(3) Institut technique des Céréales et Plantes Fourragères, 6, chemin Côte Vieille, 31450 Baziège

RÉSUMÉ

Partant du fait que, dans le Terrefort toulousain, l'érosion des sols ne paraît pas être due seulement aux agents naturels, les auteurs proposent une méthode expérimentale pour étudier la descente des terres par les techniques culturales. Pratiquement, ils utilisent une tranchée de 0,4 × 0,4 × 48 m remplie de graviers concassés. Après passage des outils, l'analyse des états de surface montre que le chisel descendant la pente est plus érosif que le labour descendant et que le labour remontant la pente compense 60 % environ de la descente des terres. L'analyse pondérale nécessite de définir un flux de terre ou masse de terre traversant une ligne parallèle aux lignes de niveau et une perte d'énergie potentielle des versants. L'estimation de la descente des terres est comparée à l'érosion hydrique d'après les données de la littérature et représente pour le moins la moitié de l'érosion totale.

MOTS-CLÉS : Erosion mécanique — Labour — Chisel — Région toulousaine.

ABSTRACT

FIRST EXPERIMENTAL RESULTS ABOUT GROUND MECHANICAL EROSION DUE TO TILLAGE IN THE "TERREFORT" (REGION OF TOULOUSE, FRANCE)

In the Terrefort toulousain, soil erosion does not appear to be due chiefly to natural causes, the authors describe one original device for the study of ground downward movement due to agricultural practices : a trench (0,4 × 0,4 × 48 m) filled with gravels (4-6 mm). After the use of the agricultural tools, the analysis of the surface shows that the downward chiseling is more erosive than the downward ploughing and that the upward ploughing compensates about 60 % of the ground downward movement. Quantitative analysis needs to define a ground flux through a line parallel to the level lines and a potential energy loss of the slope. The estimate of the ground downward movement is compared to water erosion according to the literature data.

KEY WORDS : Mechanic erosion — Tillage — Chisel — Toulouse region.

RESUMEN

PRIMEROS RESULTADOS EXPERIMENTALES SOBRE LA EROSION MECANICA DE LAS TIERRAS POR EL TRABAJO DEL SUELO EN LA REGION DE TOLOSA (FRANCIA)

Puesto que la erosión del suelo en el « Terrefort » toulousain no parece proceder únicamente de los agentes naturales, los autores proponen un método experimental para estimar el descenso de la tierra por concepto de las

técnicas de cultivo. En la práctica, se utiliza una trinchera de 0,4 × 0,4 × 48 m que se llena con graveles (4-6 mm). Una vez que ya ha pasado la maquinaria de cultivo, el análisis de la superficie enseña que al bajar la pendiente el chisel causa una erosión mayor que la labranza, y que al subir la pendiente, la labranza compensa aproximadamente el 60 % del descenso de la tierra. Para hacer el análisis ponderal se necesitan estimar el flujo de tierra o cantidad de tierra que pasa a través de una línea paralela a las líneas de nivel, así como la pérdida de energía potencial de la vertiente. El descenso de la tierra, en comparación con la erosión hídrica natural (según los datos de la literatura), representa por lo menos la mitad de la erosión total.

PALABRAS CLAVES : Erosión mecánica — Labranza — Chisel — Región de Toulouse.

INTRODUCTION

Dans le Terrefort toulousain, les sols argileux et argilo-limoneux sur les collines sont fréquemment érodés, ce qui provoque des baisses de rendement importantes. Certaines constatations s'imposent :

— Des ravines de versant, ayant pour origine une phase de morphogenèse würmienne (REVEL *et al.*, 1978), sont maintenant comblées (REVEL, 1982 ; REVEL *et al.*, 1985 ; ROUAUD, 1987). Or, si l'érosion était essentiellement hydrique, elles devraient être le lieu le plus abrasé des versants et non pas un lieu de sédimentation.

— Les zones les plus décapées sont généralement situées en haut de versant (ou de parcelles, sous les talus) au sommet de la convexité où la pente n'est pas la plus forte. L'érosion hydrique devait y être réduite.

— En bas de versant, les ruisseaux ne sont plus capables d'évacuer les matériaux issus des versants. Ils sont exhaussés de plusieurs mètres au-dessus de leur ancien lit (ROUAUD, 1987).

Ces faits paraissent prouver que l'érosion hydrique n'est pas le seul agent de l'érosion. L'érosion des sols pourrait être due à la descente directe des terres par les techniques culturales. D'ailleurs, un modèle établi sur l'ancien système de labour suivant les lignes de niveaux en versant vers le bas explique le mésorelief actuel et l'emplacement des zones érodées. Il semble qu'après plusieurs siècles d'exploitation, on était arrivé à un fort ralentissement de la vitesse de décapage des sols (REVEL *et al.*, 1985 ; ROUAUD, 1987). Avec l'introduction de la mécanisation, les travaux sont dirigés maintenant dans le sens de la plus grande ligne de pente. Au tout début, la faible puissance des tracteurs permettait uniquement le labour en descente, ce qui conduisait à un amoncellement à la base de la parcelle. Actuellement, le labour se fait souvent en descendant et en remontant, la descente des terres doit alors être estimée en terme de bilan.

Ce phénomène semble avoir été reconnu de tout temps et seul WASSMER (1981), au Rwanda, sur des pentes

atteignant 60 %, évalue la quantité de terre déplacée par le labour à la houe à 12 m³ pour 100 m de versant. Par ailleurs nous n'avons pas trouvé d'autres références faisant état d'une telle estimation. Nous proposons ici une réflexion sur la manière de mener ce genre d'étude, tout en présentant les résultats d'une première expérience.

LES MOYENS DE L'ÉTUDE

Pour suivre la descente des terres par les techniques culturales, une solution serait de mettre un traceur (élément ou composé chimique radioactif ou non, élément granulométrique, etc.) réparti à une concentration connue et homogène dans une partie du champ expérimental, sur une profondeur au moins égale à celle du travail du sol. Ce traceur ne devra pas être entraîné par les eaux de pluie, en suspension ou en solution. L'emploi d'un traceur solide pose le problème de l'homogénéisation. Dans les sols argileux, les gros agrégats sont nombreux et si on les brise pour s'assurer d'une bonne répartition du traceur, la structure du matériau final n'a plus rien à voir avec la terre en place et change toutes les propriétés mécaniques. L'emploi d'un traceur dissout dans un solvant organique et insoluble dans l'eau pose le même problème d'homogénéisation. De plus, l'action du solvant organique peut avoir un effet non négligeable sur la structure (HENIN, 1960). Le traceur doit ensuite pouvoir être extrait du sol et dosé facilement.

Dans le cadre d'une expérimentation de ce type, la limite entre les sols marqués doit se faire en surface suivant une ligne de niveau. Enfin, toute la partie située en amont de la limite (ou une large bande) devrait être marquée, car on ignore les distances maximales de transport des particules. La concentration du traceur dans la partie aval permettrait le calcul de la descente de terre et la dilution dans la partie amont permettrait d'estimer la remontée (dans le cas d'un travail du sol fait en remontant, la descente réelle du sol constitue alors la différence entre les deux estimations).

Devant les difficultés d'une telle expérience, un seul essai a été tenté.

LES CONDITIONS DE L'EXPÉRIENCE

Sur un versant en pente régulière de 18 % (10°), une tranchée de 0,4 × 0,4 × 48 m a été creusée suivant une ligne de niveau et la terre portée hors de la parcelle. Elle est remplie de graviers concassés d'un diamètre variant de 4 à 6 mm, bien distincts de tous les éléments contenus dans les sols du Terrefort. Le remplissage s'est effectué avec des bâches pour éviter toute contamination des sols immédiatement voisins et la surface des graviers est en continuité avec celle de la parcelle. Les critiques d'une telle expérience sont nombreuses.

La largeur de la bande est très réduite par rapport au déplacement probable des particules. En effet, des éléments situés en amont de la tranchée peuvent se retrouver en aval sans qu'il soit possible de les distinguer. En revanche, la distance maximum parcourue par les graviers de part et d'autre de la tranchée permettra de déterminer la largeur de la bande marquée dans une prochaine expérimentation.

Les graviers n'ont pas la même structure et les mêmes propriétés mécaniques que le sol. En effet, le sol est un sol brun calcique dont la texture est argilo-limonosableuse, l'instabilité structurale faible ($I_s = 0,5$; HENIN, 1960) et la teneur en matière organique moyenne (1,7 %). Les graviers introduisent donc une perturbation dont l'effet est inconnu.

Lorsque le sol est humide, les graviers peuvent adhérer aux grosses mottes et descendre avec elles. Si le sol est sec, ils peuvent glisser et s'insinuer dans le sillon.

Enfin, la tranchée crée une discontinuité dans la résistance mécanique au passage des outils.

Il sera ainsi possible d'évaluer l'ordre de grandeur de la descente des terres et d'évaluer la part qui revient à ce phénomène dans l'érosion totale des versants cultivés. Elle peut être à l'origine d'une réflexion sur les expériences futures et l'aménagement des zones agricoles.

La charrue et le chisel sont les seuls outils testés. Comme le travail du sol s'effectue suivant la ligne de plus grande pente, aussi bien en remontant qu'en descendant, l'estimation de la descente de terre correspond en fait à la différence : volume de terre descendue — volume de terre remontée.

Les divers traitements, effectués en plusieurs passages sur une largeur de 12 m dans les conditions habituelles de travail du sol dans le Lauragais, sont :

— Le labour descendant avec une charrue Huard 3 corps à 5 socs espacés de 0,4 m, tiré par un tracteur Fiat 980 DT de 100 CV à la vitesse de 7 km/h. La profondeur est estimée à 0,27 m.

— Le labour en remontant. Seule la vitesse réduite à 6,2 km/h diffère du traitement précédent.

— Le chisel en descendant avec un outil de marque Kirpy à 7 dents rigides espacées de 0,45 m, tiré par un tracteur John Deere 36-40 de 110 CV, à la vitesse de 5,2 km/h. La profondeur du travail est estimée à 0,25 m.

— Le chisel en remontant. Les caractéristiques sont les mêmes que dans le cas précédent, mais ici l'effet de tranchée a amené d'importantes perturbations. La vitesse moyenne de montée est 4 km/h avec 5 dents seulement. Au passage dans les graviers, moins résistants que la terre, les dents se sont enfoncées plus profondément et, en rencontrant à nouveau le sol en place, le freinage brutal a fait caler le tracteur qui a légèrement reculé avant de pouvoir redémarrer, bien sûr à faible vitesse (2 km/h, seulement). Cette perturbation crée une telle différence dans les traitements que les résultats ne seront pas pris en compte.

Après l'observation de la dispersion des graviers en surface, on analysera la répartition pondérale des graviers dans le volume remanié.

RÉSULTATS

Observation de la dispersion des graviers en surface

L'observation sur le terrain du déplacement des graviers de la tranchée sous l'effet des différents outils a été faite par observation visuelle systématique des proportions de graviers sur toute la surface affectée dans des carrés de 5 cm de côté. On remarque que (tabl. I) : — La descente et la remontée des graviers sont franches et peuvent atteindre des distances importantes depuis les bords de la tranchée (tabl. I) jusqu'à 2,3 m mais qui varient selon le type d'outil. Dans les expériences futures, la largeur de la bande marquée devra atteindre 3 m, toutes les autres conditions étant égales par ailleurs.

TABLEAU I
Déplacement des graviers en surface en mètres
Gravel shifting (in metre) on the surface

	D ₁ max	D ₁ moy	D ₂ max	D ₂ moy
Labour descendant	2,2	0,4	0,5	0,2
Labour montant	1,4	0,2	0,5	0
Chisel descendant	2,3	0,7	1,1	0

— Si l'on compare les travaux en descente (labour et chisel), il apparaît que le chisel disperse plus les graviers que le labour et les étale sur une plus grande distance par rapport à la tranchée.

— Le repérage de plusieurs traces de dents de chisel descendant fait apparaître une ordonnance. Les fortes teneurs en graviers se concentrent à l'interdent alors que les zones de passage sont caractérisées par de faibles teneurs.

— La descente des graviers semble plus importante que la remontée, tant par le nombre de graviers transportés que par l'amplitude de leur transport. L'effet érosif serait donc important dans le cas d'un travail dans le seul sens de la pente et, de plus, il ne semble pas totalement compensé par le passage du même outil en remontant.

L'analyse pondérale

LE MODE DE PRÉLÈVEMENT

La taille des graviers exclue les échantillons de faible volume. On prélève alors un parallélépipède rectangulaire de 0,1 m de hauteur, 0,1 m de largeur et de 0,4 m de long. La plus grande dimension couvre la distance entre deux outils travaillant, ce qui permet de s'affranchir du positionnement par rapport au passage de l'engin. Pour tenter de s'assurer de la représentativité des prélèvements, ils ont été effectués sur l'emplacement où la distribution en surface est voisine de la moyenne. Pour éviter des différences importantes dans les hauteurs de prélèvement du fait des grosses mottes formées par le labour, il a été procédé à un roulage du tracteur. Si les graviers sont étalés sur 2,5 m dans le sens de la pente, cela représente 75 échantillons de 7 kg environ chacun. Le tamisage pour récupérer et peser les graviers est alors une opération lourde qui, dans un premier temps, exclue toute répétition.

LE MODE D'ESTIMATION DE LA DESCENTE DES TERRES

Chaque prélèvement est pesé (P_1) puis, après tamisage, le poids P_2 des graviers isolés est déterminé. Avant de traiter les données, des corrections s'imposent. Le déplacement des matériaux correspond au déplacement d'un volume. Or, les mesures sont pondérales et en tenant compte de la densité des graviers et de la terre, il est possible de calculer l'équivalent en poids de terre des graviers. De plus, en mesurant les densités à l'état humide, on s'affranchit des corrections dues à la teneur en eau. Si D_g est la densité des graviers et D_t la densité de la terre, l'équivalent terre des graviers est

$$P' = P_2 \cdot (D_t/D_g)$$

La mesure des densités a été effectuée en pesant des volumes connus : $D_t = 1,63$ et $D_g = 1,33$. En faisant

la somme de toutes les valeurs P' de chaque prélèvement, on obtient le poids de terre qui a été entraîné hors de la tranchée. Du fait de la trop faible largeur de celle-ci, l'estimation qui est proposée ici est bien inférieure à la réalité.

L'expression de la descente des terres nécessite quelques remarques.

L'EXPRESSION DE LA DESCENTE DES TERRES

La descente des terres par les techniques culturales peut être assimilée à un mouvement de masse sur un versant. S'il est possible de déterminer la masse de terre et la distance qu'elle parcourt sur le versant, la comparaison avec les mesures habituelles exprimées par unité de surface nécessite de connaître la longueur du versant. Pour pouvoir utilement comparer les traitements et les divers paramètres, il est possible de s'affranchir de cette variable. Dans un premier temps, on peut considérer la masse de terre qui, par traitement, traverse une surface de 1 m² perpendiculaire à la ligne de plus grande pente. Cette notion est à rapprocher d'un flux. Le mètre carré unitaire peut être pris en considérant un carré de 1 m de côté. Au sol, cette surface apparaît comme un segment de 1 m de long parallèlement aux lignes de niveau. Cette unité permettra la comparaison des diverses techniques entre elles.

Dans l'expression du flux, la masse de terre qui traverse la longueur de 1 m suivant la ligne de niveau peut être ramenée à un volume V en tenant compte de la densité. En considérant l'épaisseur e du travail du sol, ce volume peut être contenu dans un parallélépipède rectangle ayant pour base une surface de $1 \times e$ et pour troisième dimension une distance d telle que :

$$d = V/e = (P'/e) \cdot D_t$$

En faisant la somme de toutes les valeurs de d obtenues au cours des divers traitements annuels, on obtiendra une expression correspondant finalement à une vitesse de descente des terres/an. En réalité, la masse de terre parcourt des distances plus importantes en se diluant. On parlera donc de vitesse virtuelle. Cet autre mode d'exprimer la descente des terres peut permettre de comparer, pour des outils travaillant le sol à la même profondeur, des paramètres tels que la valeur ou la forme de la pente et la vitesse de passage.

Enfin, on peut rechercher une expression de la descente des terres qui tient compte de la distance réellement parcourue. Dans le cadre de notre expérience, en faisant la somme de tous les produits masse de terre multipliée par L la distance à la tranchée, de tous les prélèvements, on obtient l'expression de l'érosion par le travail du sol en kg \times m. Si l'on revient à une ligne de 1 m suivant les lignes de niveau et en tenant compte de la pente, cette somme représente un travail ou

finalement une perte d'énergie potentielle de 1 m de versant (PEP) qui s'écrit :

$$PEP \text{ (joules)} = 9,81 \times \sin a \times \sum Lp$$

a est la pente, L la distance en mètres parcourue par la masse de terre p en kg le long d'une ligne de 1 m de long parallèlement aux courbes de niveau. Cette expression est générale et paraît commode.

Mais finalement, la masse de terre mise en mouvement au sommet du versant se retrouve en bas. Donc la perte d'énergie potentielle totale du versant doit tenir compte de la longueur d de celui-ci. L'expression est donc :

$$PEPT \text{ (joules)} = 9,81 \times dsina \times \sum Lp = 9,81 \times h \times \sum Lp$$

où h représente la dénivelée entre le sommet et la base du versant (ou de la parcelle).

LES RÉSULTATS

Après prélèvement, pesée et tamisage des échantillons, pour chaque travail du sol et chaque profondeur d'échantillonnage (0 à 0,1 m, 0,1 à 0,2 m et 0,2 à 0,3 m) on trace la courbe de répartition des graviers (en % poids) en fonction de la distance à la tranchée. La comparaison des trois courbes ainsi obtenues pour chaque outil, et des courbes correspondant à chaque outil, permet de visualiser le transport de terre réalisé par chaque travail du sol. L'estimation de l'érosion est donnée dans le tableau II.

TABLEAU II

Estimation de la descente des terres par le chisel descendant, le labour descendant et le labour montant
A land going down estimation by the downward chiseling, and by downward and upward ploughing

	Chisel descendant	Labour descendant	Labour montant
Epaisseur remaniée (m)	0,25	0,27	0,27
Flux réel (kg/m ²)	72,9	165,0	110,3
Vitesse virtuelle (m/passage d'outil)	0,18	0,37	0,25
MT= Masse de terre déplacée par rapport au milieu de la tranchée (kg)	52,5	80,2	60,8
Perte d'énergie potentielle (joules/mètre de versant)	100	178	93

Labour descendant (Fig. 1)

La quantité de graviers déplacés vers l'aval augmente forcément avec la profondeur (15 % de la masse totale

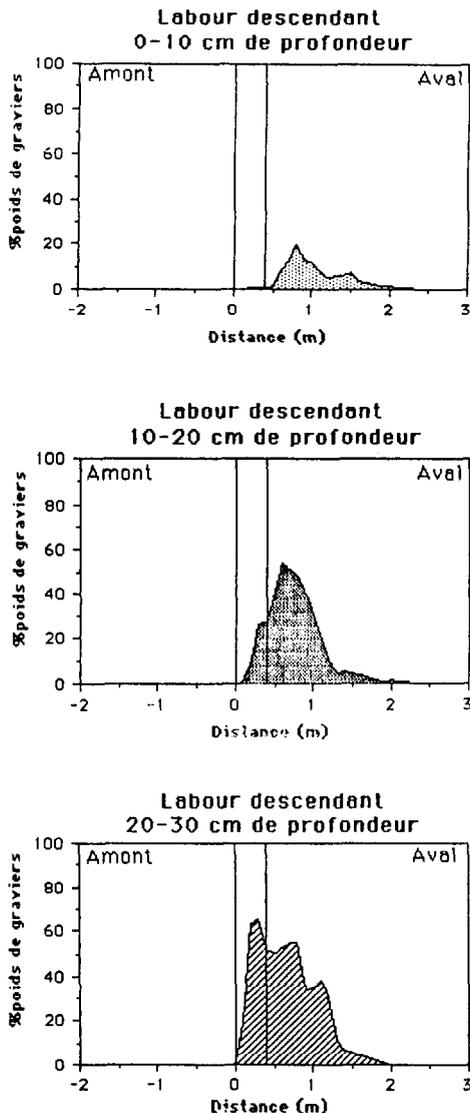


FIG. 1. — Répartition des graviers en fonction de la distance à la tranchée pour le labour descendant.

Gravel distribution according to the distance to the trench relating to downward ploughing.

de graviers déplacés se trouvent entre 0 et 0,1 m, 40 % entre 0,1 et 0,2 m et 45 % entre 0,2 et 0,3 m), mais l'amplitude du déplacement est plus importante en surface. Cette répartition peut être expliquée par la manière dont travaille l'outil : le soc retourne le sol sur 0,28 m

et entraîne ainsi un basculement de la tranchée vers l'aval. Si l'on effectue une coupe verticale du profil dans le sens de la pente après le passage du labour, on constate que les graviers sont répartis selon une forme grossièrement lenticulaire (fig. 2A).

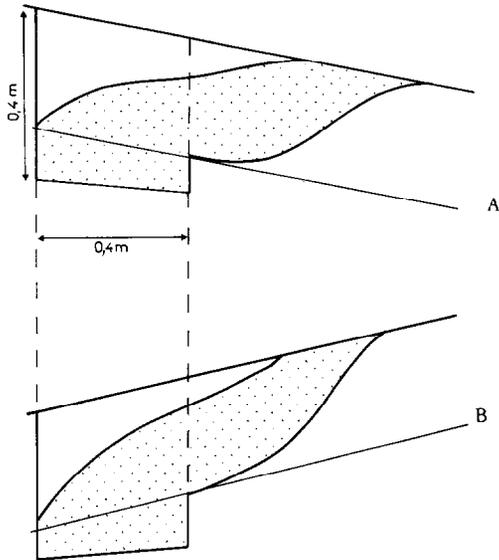


FIG. 2. — Coupe du sol après passage de la charrue, A : en montant B : en descendant.
Soil cross-section after ploughing A : upward, B : downward.

Chisel descendant (Fig. 3)

La quasi-totalité du déplacement des graviers s'effectue entre 0 et 0,1 m de profondeur (73 % du total de graviers déplacés se trouvent entre 0 et 0,1 m, 16 % entre 0,1 et 0,2 m, 11 % entre 0,2 et 0,3 m). Les graviers sont davantage mélangés à la terre et on n'observe pas d'amas délimités comme pour le labour.

Labour montant (Fig. 4)

La quantité de graviers déplacés vers l'amont est maximale entre 0,1 et 0,2 m de profondeur (38 % des graviers déplacés se trouvent entre 0 et 0,1 m, 44 % entre 0,1 et 0,2 m et 18 % de 0,2 à 0,3 m). On peut noter que dans les trois profondeurs considérées, les quantités maximales de graviers sont situées à faible distance de la tranchée ou dans celle-ci (fig. 2B).

Comparaison des différents traitements

A partir des différentes courbes obtenues pour les trois outils (fig. 1, 3 et 4) et des valeurs contenues dans le tableau II, plusieurs remarques s'imposent.

Des phénomènes d'amortissement sont observés sur tous les traitements à toutes les profondeurs. Ils sont

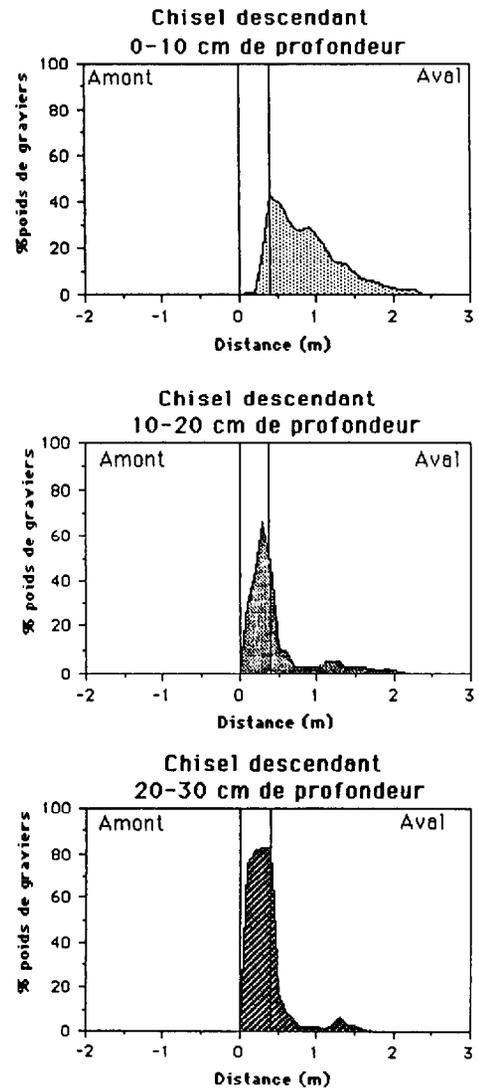


FIG. 3. — Répartition des graviers en fonction de la distance à la tranchée pour le chisel descendant.
Gravel distribution according to the distance to the trench relating to downward chiseling.

importants en profondeur dans le cas du labour montant.

La juxtaposition des courbes du chisel descendant et du labour descendant (fig. 1 et 3) montre bien que ces deux outils ont des impacts totalement différents. En effet, le chisel affecte surtout la surface (de 0 à 0,1 m de profondeur) alors que la contribution du labour est plus sensible en profondeur. De plus, la quantité de terre érodée est deux fois plus importante dans le cas du labour descendant (65,8 kg) que dans celle du chisel descendant (29,1 kg).

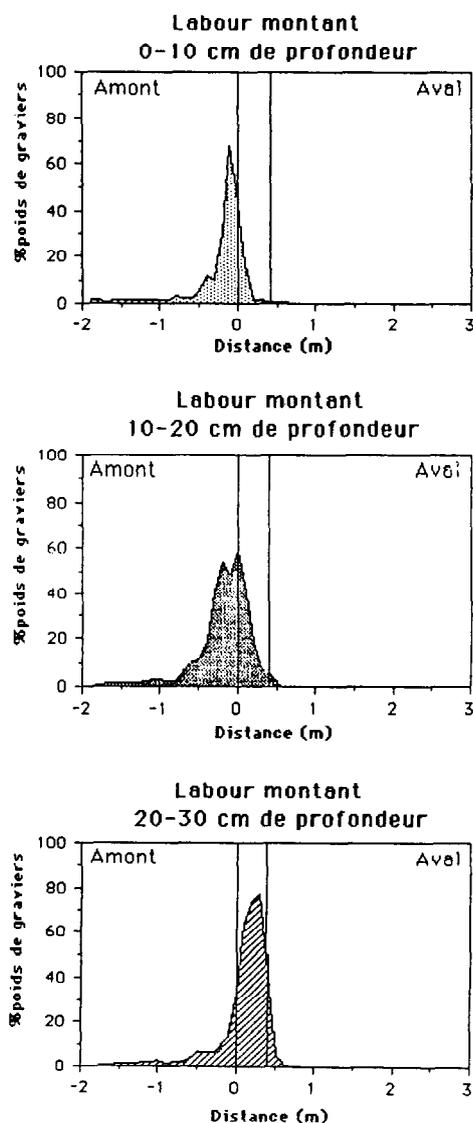


FIG. 4. — Répartition des graviers en fonction de la distance à la tranchée pour le labour montant.
Gravel distribution according to the distance to the trench relating to upward ploughing.

En terme de bilan, la comparaison des valeurs de la PEP obtenues pour les deux outils rend bien compte de leur différence d'efficacité érosive. La perte d'énergie potentielle du versant par le labour descendant (178 joules/m) est très nettement supérieure à celle du chisel descendant (100 joules/m).

Lorsque l'on met en relation les courbes obtenues pour le labour descendant (fig. 1) et le labour montant (fig. 4), on note que le soc travaille très différemment en montée et en descente. Le déplacement des graviers

est moindre dans le cas du labour montant et ce aussi bien en quantité qu'en distance. La masse de terre descendue par le labour descendant (65,85 kg) est 1,5 fois plus importante que la masse remontée par le labour montant (44,1 kg). La plus faible distance d'action du labour montant peut être attribuée à l'effet contraire de la gravité. Contrairement au labour descendant, le labour montant est plus efficace entre 0,2 et 0,3 m de profondeur.

La comparaison des valeurs de PEP nous permet d'attribuer au labour descendant une action érosive deux fois plus importante que celle du labour montant. Il faut remarquer que certains agriculteurs pratiquent encore le seul labour descendant, ce qui provoque une descente des terres importante. Cependant, avec des tracteurs plus puissants, le labour en remontant compense partiellement la descente.

La vitesse est probablement un facteur influant sur la quantité de terre descendue ou remontée et en faisant varier ce paramètre il sera peut-être possible d'équilibrer le bilan.

Comparaison de la descente mécanique des terres et de l'érosion hydrique. Conclusions

La quantité de terre descendue restant la même quelle que soit la longueur du versant, l'érosion par les techniques culturales en kg/m² est inversement proportionnelle à cette longueur. Sur une largeur de 1 m suivant les courbes de niveau, 165 kg de terre sont descendus par le labour descendant et le bilan du labour descendant et du labour montant est de 55 kg de terre déplacés vers l'aval sur un versant de 250 m. Les quantités érodées sont donc respectivement de 0,66 kg/m² et de 0,22 kg/m². Si le versant avait une autre longueur, l'érosion serait bien différente (tabl. III).

TABLEAU III
Ordre de grandeur de l'érosion en kg/m²
An erosion estimation in kilogram/m²

(1) 100 m	(1) 250 m	(1) 500 m	(2)	(3)	(4)
1,65	0,66	0,33	0,25 à 0,01	2,66 à 1,48	0,02
0,55	0,22	0,11			

(1) Valeurs calculées. (2) ROOSE, 1988. (3) BOLLINNE (1977). (4) ROBINSON (1977).

La comparaison avec des valeurs de l'érosion hydrique a peu de signification puisque les phénomènes mis en jeu sont très différents, mais elle peut quand même donner une idée sur les ordres de grandeur (tabl. III).

Sur les sols limoneux de Belgique, l'érosion par rigole (BOLLINNE, 1977) se rapproche de l'estimation de la descente des terres par le labour descendant sur un petit

versant. Dans le Terrefort, l'érosion en nappe déterminée par simulateur de pluie varie considérablement suivant la préparation du sol mais reste inférieure à la descente mécanique des terres (ROOSE, 1988). Il en est de même pour l'érosion déduite de l'exportation par le Girou, petite rivière intramassissienne, même lorsque l'exportation est estimée sur le versant à partir de la relation établie par ROBINSON (1977) (ETCHANCHU, 1988).

Il s'agit encore une fois d'ordres de grandeur difficilement comparables mais, d'après les résultats de l'expérience qui vient d'être présentée, la descente des terres par les techniques culturales n'est pas négligeable.

Ces travaux devraient être poursuivis pour permettre des estimations plus précises en fonction des divers paramètres (type d'outil, pente, inclinaison, longueur, forme, vitesse de passage des engins) et une meilleure appréciation de l'impact de chacun d'eux. Il sera peut être possible, en faisant varier certains paramètres, la vitesse de descente par exemple, d'arriver à un bilan nul et qui pourrait même compenser l'érosion hydrique.

Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction le 23-10-1989.

BIBLIOGRAPHIE

- BOLLINNE (A.), 1977. — La vitesse de l'érosion des sols sous culture en région limonuse. *Pédologie*, XXVII, 2 : 191-206.
- ETCHANCHU (D.), 1988. — Géochimie des eaux du bassin de la Garonne. Transferts de matières dissoutes et particulaires vers l'Océan Atlantique. Thèse Univ. Toulouse III, 178 p.
- HENIN (S.), 1960. — Cours de physique du sol. Tomes 1 et 2, ORSTOM Ed., 159 et 222 p.
- REVEL (J.C.), 1982. — Formation des sols sur marnes. Étude d'une chronoséquence et d'une toposéquence complexes dans le Terrefort toulousain. Thèse Sci., INP Toulouse, 249 p.
- REVEL (J.C.), BOURGEAT (F.), PAQUET (H.), 1978. — Pédogénèses quaternaires dans la région toulousaine. Les loess et leurs colluvions comme marqueurs chronologiques. *Bull. Assoc. Fr. Et. Quat.*, 54, 4 : 179-185.
- REVEL (J.C.), ROUAUD (M.), 1985. — Mécanismes et importance des remaniements dans le Terrefort toulousain (Bassin Aquitain, France). *Pédologie*, XXXV, 2, 171-189 p.
- ROBINSON (A.R.), 1977. — Relationship between erosion and sediment delivery. Proc. of Paris Symp., AIHS, Public., 122 : 159-167.
- ROOSE (E.), CAVALIE (J.), 1988. — Nouvelle stratégie de gestion conservatoire des eaux et des sols. Comm. Conf. Intern. ISCO 5, Bangkok.
- ROUAUD (M.), 1987. — Evaluation de l'érosion quaternaire, des remaniements de versant et de l'érosion en rigole dans le Terrefort toulousain. Thèse 3^e cycle, Univ. Toulouse III, 320 p.
- WASSMER (P.), 1981. — Recherches géomorphologiques au Rwanda. Étude de l'érosion des sols et de ses conséquences dans la préfecture de ibuvé. Thèse 3^e cycle, Strasbourg, 144 p.