

Effet des techniques culturales sur la susceptibilité des terrains à l'érosion par ruissellement concentré Expérience du Pays de Caux (France)

Jean-François OUVRY

AREAS — Association régionale pour l'Etude et l'Amélioration des Sols — Mairie, 76460 Saint-Valéry-en-Caux

RÉSUMÉ

Sur les régions limoneuses de Haute-Normandie, la formation de rigoles et ravines temporaires est typique de l'érosion par ruissellement concentré. Au sein du bassin versant, les techniques culturales doivent être différenciées et adaptées aux deux domaines fonctionnels distincts. Sur le domaine producteur de ruissellement, les risques dépendent de l'état de la surface du sol caractérisé par l'infiltrabilité et la détention superficielle. Les techniques culturales accroissent ou réduisent considérablement les risques en agissant sur l'état de développement des croûtes de battance, la possibilité de les briser, la proportion de surface tassée par les roues, le degré d'affinage en surface et la protection par un couvert. Sur les domaines de concentration du ruissellement, les techniques culturales augmentent les risques d'érosion à chaque phase d'ameublissement et les réduisent par les recompactages et les non-ameublissements. Une même façon culturale peut donner des résultats contradictoires en fonction de la zone qu'elle affecte. La réduction totale du ruissellement par les pratiques culturales paraît impossible. Il est nécessaire que des aménagements spécifiques soient réalisés.

MOTS-CLÉS : Techniques culturales anti-érosives — Ravines temporaires — Bassin versant — Battance — Rugosité — Infiltrabilité — Détention superficielle — Compaction — Traces de roues.

ABSTRACT

EFFECTS OF AGRICULTURAL PRACTICES ON CULTIVATED LAND SUSCEPTIBILITY TO CONCENTRATED FLOW EROSION.
EXPERIENCE IN PAYS DE CAUX (FRANCE)

Rill and ephemeral gully erosion are typical of concentrated flow erosion in the system of intensive agriculture of Haute-Normandie. Their development is chronic in winter and spring, whatever rainfall intensity. Two different areas on a watershed could be distinguished for this type of erosion on the bases of process : the runoff formation area and the concentration runoff area as natural channel where rills appear. Risks of runoff production don't depend on rainfall characteristics but on soil surface state of the agricultural plot. Infiltrability and surface storage are the main important factors of soil surface. Agricultural practices increase or reduce greatly runoff risks : on the soil crusting development state, on the possibility of breaking them, on the proportion of wheeltracks, on the roughness degree and on the soil cover. For example, runoff coefficient on a sugarbeet fluctuates from 3,7-36,4 % on plots without soil conservation technics to 0-5 % on those where limited-runoff solutions are used. Erosion risks in the channel depend on the breaking up level of arable soil. Cultivation methods increase erosion risks at every breaking up period but they also could reduce them significantly by compaction after plowing and sowing or no-breaking up soil surface during inter-crop period. Comparison of agricultural methods in this erosion type shows that it is possible to decrease runoff and erosion, however it is more difficult than the USLE lets it

foresee. On a field, we must take account of the responsible process on each area because a same technic such as compaction reduce erosion risks on channel and increase runoff risks on slope. This compels to apply on each areas divergent practices. The suppression of all runoff by agricultural technics seems an unlikely event for small rainfall intensity. Specifics hydraulics managements must be made to control erosion on channel.

KEY WORDS : Soil conservation technics — Watershed — Concentrated runoff — Rill — Ephemeral gully — Soil crusting — Infiltrability — Surface roughness — Wheeltracks — Specifics managements.

RESUMEN

EFFECTO DE LAS TÉCNICAS DE CULTIVO SOBRE LA CAPACIDAD DE EROSIÓN DE LOS SUELOS POR LA ESCORRENTÍA CONCENTRADA : EXPERIMENTO DE LA REGIÓN DE CAUX

En las regiones limosas de Haute-Normandie, la formación de arroyadas temporarias es característica de la erosión por la escorrentía concentrada. Dentro de la cuenca hidrográfica, las técnicas de cultivo deben ser diferentes y adaptadas a las dos diferentes zonas observadas. En las zonas de escorrentía, los riesgos de erosión dependen de la estructura del suelo caracterizado por la infiltrabilidad y la retención superficial. Las técnicas de cultivo aumentan o reducen considerablemente los riesgos ejerciendo acción sobre el desarrollo de las costras de disgregación, la posibilidad de romperlas, la proporción de superficie compactada por las ruedas de las máquinas, el grado de maduración en la superficie y la protección por una cobertura. En las zonas de concentración de la escorrentía, las técnicas de cultivo aumentan los riesgos de erosión en cada fase de desintegración y los reducen por medio de las recompactaciones y las faltas de desintegraciones. La misma técnica de cultivo puede dar resultados contradictorios con relación a la zona afectada. La reducción total de la escorrentía por medio de las prácticas culturales parece ser imposible. Es necesario realizar instalaciones específicas.

PALABRAS CLAVES : Técnicas de cultivo anti-erosivas — Arroyadas temporarias — Cuenca hidrográfica — Disgregación — Rugosidad — Infiltrabilidad — Retención superficial — Compactación — Huellas de ruedas.

1. INTRODUCTION

En Haute-Normandie, il existe des phénomènes typiques d'érosion par concentration du ruissellement tels que les décrivent FOSTER (1985), BOIFFIN *et al.* (1986 et 1988), le CEMAGREF (1986), AUZET (1987), OUVRY (1982).

L'érosion en nappe et rigoles (rill-interrill) est aussi décrite par quelques auteurs BOARDMAN *et al.* (1982), GOVERS (1987), DE PLOEY (1988). Mais ce type d'érosion est principalement localisé sur les pentes dont l'inclinaison dépasse 4 à 5 ‰ (SAVAT et DE PLOEY 1982). Il est assez rare dans notre région.

Dans le cas d'érosion par ruissellement concentré, on distingue deux domaines fonctionnels au sein du bassin-versant :

- celui qui produit le ruissellement, c'est-à-dire l'impluvium ;
- celui où le ruissellement concentré incise le sol, c'est-à-dire le talweg et, dans certains cas, les fourrières.

Dans ce contexte, les risques d'érosion dépendent surtout de la formation du ruissellement au niveau de

l'impluvium et de la sensibilité du sol à l'arrachement par l'eau au niveau de la zone de concentration (BOIFFIN *et al.*, 1986 et 1988).

Sur une parcelle agricole donnée, le ruissellement se forme lorsque la capacité d'infiltration du sol est inférieure à l'intensité de la pluie et que la détention superficielle est trop faible pour assurer le stockage de l'eau qui ne s'infiltré pas.

L'aptitude à produire du ruissellement est donc très influencée par l'état de la surface du sol dans l'impluvium. Cet état évolue progressivement sous l'effet de l'action dégradante des pluies et brutalement du fait des opérations culturales.

Dans les secteurs de concentration des écoulements, les incisions se développent lorsque la résistance du matériau devient inférieure aux forces tractrices exercées par le ruissellement. Pour les terres, la susceptibilité à l'érosion dépend beaucoup de la cohésion de la couche travaillée dont l'évolution résulte de l'action conjuguée du climat et des façons culturales ainsi que du développement des plantes cultivées qui, par leur système racinaire, peuvent avoir un rôle d'ancrage.

Pour un même système de culture, l'influence des techniques culturales sur les risques d'érosion doit donc

être appréciée en fonction de ces facteurs. Les résultats, souvent qualitatifs présentés ici, sont le fruit d'observations de terrain.

2. RÉGION D'ÉTUDE

Les bassins-versants affectés par l'érosion se caractérisent par des sols limono-lössiques très battants, des pentes douces et longues, l'absence de réseaux hydrauliques dans les talwegs non drainés et cultivés, des systèmes de cultures avec une faible proportion de prairies et de grandes parcelles exploitées de façon intensive et mécanisée (BOLLINNE, 1982 ; ROOSE *et al.*, 1983 ; BOIFFIN *et al.*, 1986 ; MONNIER *et al.*, 1986 ; PAPY *et al.*, 1988). Les pluies sont abondantes de 750 à 1 100 mm/an.

Sur ces terres, on cultive : blé, orge d'hiver, betterave, colza, pois, lin, pomme de terre, maïs ensilage et légumes.

D'octobre à avril/mai, les phénomènes d'érosion sont chroniques. Ils se développent sur les terres ameublées

à cause des ruissellements provenant des terres battues, nues ou ensemencées, situées en amont. Ils apparaissent donc en général après les semis de printemps ou d'hiver. On constate (fig. 1) que les écoulements se produisent pour des pluies très fréquentes dont l'intensité est inférieure à 3 mm/h et la hauteur parfois inférieure à 7 ou 8 mm (BOIFFIN *et al.*, 1986 ; OUVRY, 1986-1987 ; SRAE in : SERDA, 1986-1987). De mai à septembre l'érosion apparaît lors d'orages de fréquence faible : une pluie journalière de plus de 40 mm ou une pluie horaire de plus de 20 mm se produit une fois tous les 5 à 10 ans. Mais les conséquences de tels événements sont beaucoup plus catastrophiques.

On voit donc que le déclenchement de l'érosion est lié à l'état de la surface du sol et non pas aux caractéristiques des pluies (BOIFFIN, 1986). Ces conditions correspondent à une grande partie des régions limoneuses de l'Europe du Nord-Ouest.

L'analyse qui suit, du rôle des techniques culturales sur la susceptibilité à l'érosion concerne plus spécialement l'érosion de type chronique.

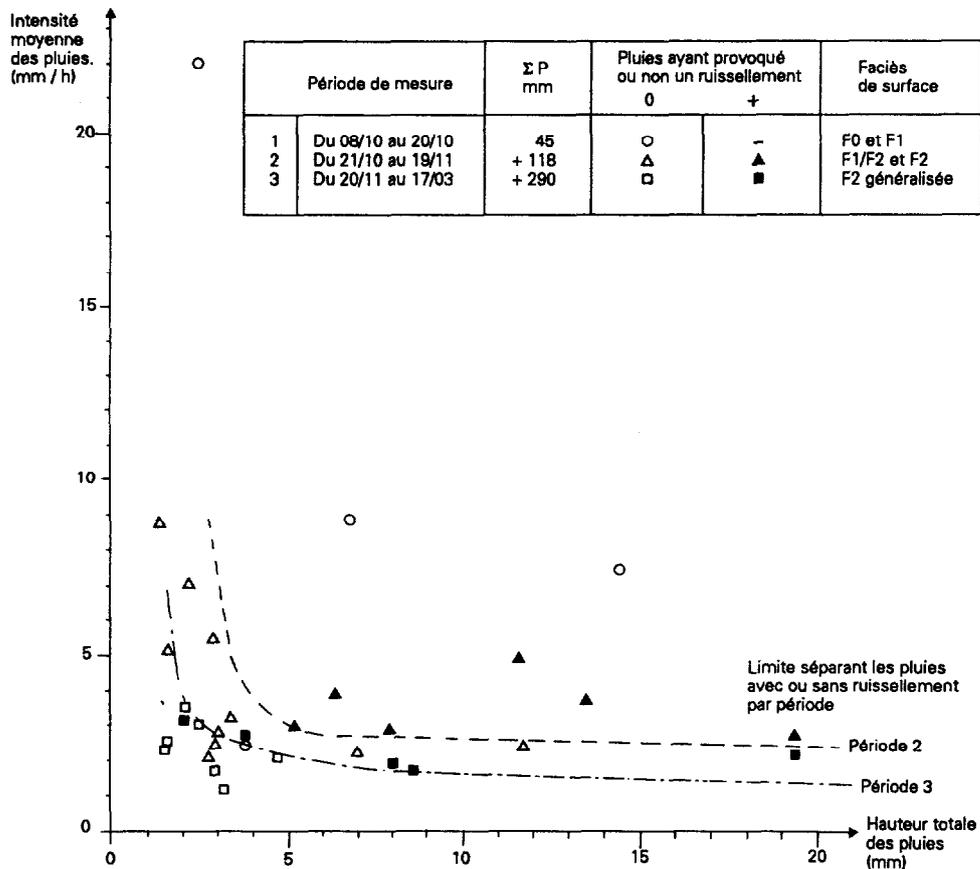


FIG. 1. — Hiver 1986/87 (SRAE), Déchaumage à Tocqueville-sur-Eu. Répartition des pluies ayant provoqué ou non un ruissellement.
 Winter 1986/87 : Plow-down in Tocqueville-sur-Eu ; rainfall distribution having caused runoff or not.

3. TECHNIQUES CULTURALES ET GENESE DU RUISSELLEMENT

La genèse du ruissellement est liée aux états de surface de l'impluvium. Les risques de ruissellement dépendent de l'infiltrabilité, de la détention superficielle de la surface du sol et de l'existence d'un réseau de collecte (BOIFFIN *et al.*, 1986).

3.1. Techniques culturales et infiltrabilité

Il suffit de 45 à 60 mm de pluie cumulée en moyenne, quelle que soit l'intensité, pour qu'apparaissent les premières plaques de croûtes de battance. L'infiltrabilité initiale de l'ordre de 30 à 50 mm/h chute alors entre 2-5 mm/h et atteint ensuite 1 à 3 mm/h lorsque les croûtes sont généralisées à toute la surface (BOIFFIN *et al.*, 1986 ; OUVRY, 1987 ; SRAE *in* : SERDA, 1987). TREVISAN (1986) et RAHELIARISOA (1986) obtiennent des résultats équivalents par simulation de pluie d'orage sur des sols limoneux cultivés du centre de la France.

3.1.1. ACTION SUR LA VITESSE DE FORMATION DE LA CROÛTE DE BATTANCE

Avec l'existence d'une période de dessiccation de six à dix jours, la somme des pluies cumulées nécessaire pour atteindre le début d'apparition des croûtes est de 130 à 150 mm au lieu de 45 à 60 mm (cf. EIMBERCK, 1988). Concrètement, pour un semis ou un travail du sol, la probabilité d'avoir une période de dessiccation reste délicate à prévoir. Elle dépend beaucoup de la date d'intervention. La probabilité d'efficacité de ce facteur est la plus élevée pour les cultures de printemps à semis tardif : betteraves, maïs, pomme de terre.

L'effet du taux de matière organique pour retarder la formation des croûtes ne semble significatif que pour des teneurs élevées correspondant à des retournements récents de prairies (BOIFFIN *et al.*, 1986 ; cf. EIMBERCK, 1988).

Dans les conditions climatiques de la région, le couvert végétal des cultures d'hiver et de printemps s'installe trop lentement après le semis pour éviter l'apparition des croûtes de battance. Toutefois si les sols sont très motteux, l'extension des plaques peut être ralentie par le développement du couvert.

Il n'existe que trois cas pour lesquels l'apparition de la battance peut être retardée ou limitée :

- 1 - pendant les intercultures par la présence de résidus abondants en surface ;
- 2 - pour la culture de betterave par un dernier binage tardif en juin (voir au 3.1.2.) ;
- 3 - par l'implantation d'un engrais vert pendant une interculture nue.

En fait un engrais vert n'est utile que si le développement végétal est assez rapide pour protéger la surface du sol avant que la croûte sédimentaire ne soit généralisée et que la rugosité ait disparu (OUVRY, 1987). La moutarde blanche MB1 (fig. 2) a un effet couvert positif (D_{min} stabilisé à 1,4 cm) que n'a pas pu avoir MB2 (D_{min} stabilisé à 3,0 cm) à cause des quantités de pluies importantes reçues après le semis et avant que le couvert végétal protège la surface du sol. De ce fait, la croûte de battance est bien développée. Aussi l'engrais vert n'est pas une solution « passe-partout ». C'est, dans le système d'érosion par ruissellement concentré, toujours l'état de la surface du sol sous le couvert qui

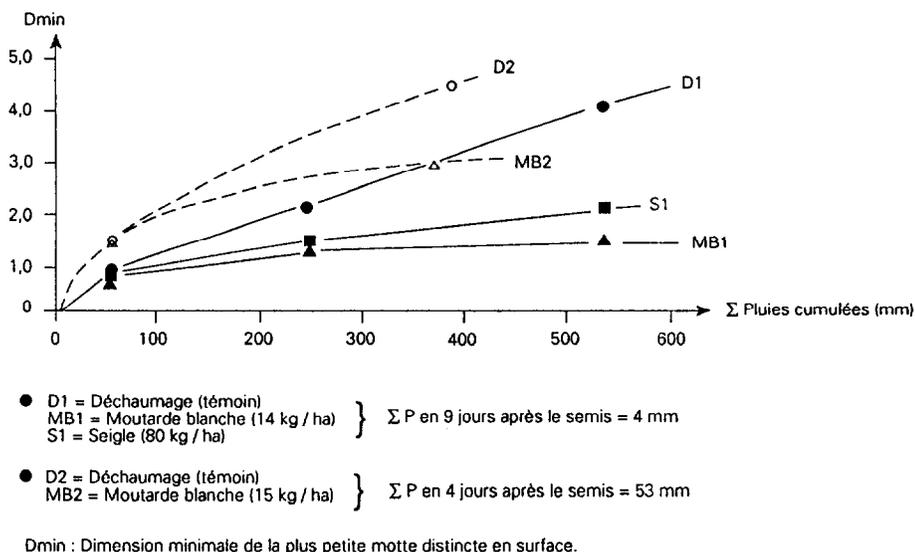


FIG. 2. — Effet d'engrais verts sur l'état de la surface du sol en fonction de la somme de pluies cumulées.
Green manure affect surface state according to the cumulated rainfalls amount.

est primordial. En hiver, une croûte de battance généralisée sous le feuillage d'un engrais vert est plus néfaste pour limiter le ruissellement qu'un déchaumage encore très motteux même battu.

Mais dans les cas particuliers d'érosion de versant, à érosion en nappe et en rigole, l'implantation perpendiculairement à la pente d'une graminée semble limiter les incisions par la présence de leur système racinaire fasciculé, superficiel et puissant.

3.1.2. FRAGMENTATION DES CROÛTES SUPERFICIELLES

Après les semis, il n'est possible de briser la croûte de battance déjà formée que dans le cas du buttage des pommes de terre ou du binage des betteraves. Dans ce cas, le binage mécanique fragmente l'interrang (75 % de la surface du sol) le rang étant désherbé par voie chimique. Les binages sont réalisés deux ou trois fois en mai et juin. En juin, le dernier binage réalisé avec

des dents vibrantes intervient juste avant que les betteraves ne couvrent toute la surface du sol dans les 8 à 15 jours suivants. Le feuillage protège l'état fragmentaire dans l'interrang jusqu'à la récolte comme le montre le tableau I. On constate, sur des mini-parcelles de 500 m² (8 m × 62,5 m), que le binage diminue d'un facteur 10 à 20 le pourcentage de ruissellement lors de pluies d'intensité comprise entre 2 et 5 mm/h et d'un facteur 6 à 7 pour des pluies comparables d'intensité de 14 à 16 mm/h.

Pendant les périodes d'interculture les possibilités de fragmenter la surface du sol sont apparemment plus nombreuses puisqu'il n'y a plus de contraintes imposées par les cultures, mais les conditions climatiques de l'automne-hiver constituent à elles seules un obstacle pour intervenir, le nombre de jours disponibles étant souvent réduit.

TABLEAU I
Effets conjugués du couvert végétal et de la destruction de la croûte de battance et des empreintes de roues par le binage sur le ruissellement
(Résultat de mesure du SRAE de Haute-Normandie)
Vegetative cover and hoenig-combination affects the runoff

Culture	Date	% du sol couvert	PLUIE		RUISSELLEMENT	
			hauteur (mm)	intensité (mm/h)	lame moyenne (mm)	lame/hauteur de pluie (%)
Betteraves non binées 1987	17.07.87	80 %	21,9	2,8	0,82	3,7 %
	25.08.87	100 %	38,8	3,5	6,38	16,4 %
	25.08.87	100 %	33,6	4,7	9,72	28,9 %
	24.09.87 (2)	100 %	13,5	15,6	4,5	34,0 %
	08.10.87	100 %	9,4	3,7	3,42	36,4 %
Betteraves binées 1986	05.07.86	90 %	19,5	4,7	0	0 %
	28.08.86 (2)	100 %	12,5	14,2	0,63	5,0 %
	18.09.86	100 %	19,2	5,9	0,33	1,7 %

(1) Pluie journalière égale à 73,8 mm, supérieure à la hauteur de fréquence décennale

(2) Pluie horaire proche de la fréquence décennale

3.1.3. PROPORTION DE LA SURFACE DU SOL TASSÉE PAR LES ROUES

Le ruissellement est beaucoup plus important dans les traces de roues (BOIFFIN *et al.*, 1986 et 1988 ; ROOSE *et al.*, 1988 ; MARTIN, 1979 ; OUVRY, 1987 et de nombreux autres auteurs). L'infiltrabilité initiale y est inférieure à 5 mm/h puis tombe à près de 1 mm/h. La rugosité y est nulle ou presque, et ces empreintes servent de collecteurs au ruissellement diffus.

Dans le cas des semis de céréales, de pois, de colza, et de lin, (tabl. II) les empreintes de roues du tracteur sont en général effacées par un outil à dents flexibles

intercalé entre le tracteur et le semoir à grain (outils combinés). Cette technique de semis permet de réduire le pourcentage de traces à 5-7 % au lieu des 20-27 % pour les préparations classiques. Aux roues du semoir viennent s'ajouter celles du pulvérisateur : 2 à 4 %.

Pour les semis de betteraves et de maïs, le choix du matériel a aussi beaucoup d'importance. L'utilisation des semoirs 12 rangs par rapport aux 6 rangs diminue la proportion de traces de roues en surface du sol de 22-28 % à 11-19,5 %. En revanche, le recours au roues jumelées pour le tracteur au semis ajoute 11 % d'empreintes de roues à la surface. Par contre la solution

TABLEAU II

Variabilité du pourcentage de la surface du sol couverte par des traces de roues en fonction de la largeur du semoir à grain, du pulvérisateur et des techniques culturales

Percentage variability of soil surface covered by wheel-tracks according to graindrill and sprayer gauge and to cultural practices

FACONS CULTURALES	PREPARATION CLASSIQUE (1)		OUTILS COMBINES (2)		OUTILS COMBINES ET ROUES EFFACEES (3)
	3	4	3	4	
Largeur du semoir (m)	3	4	3	4	3 ou 4
Empreintes tracteur (%) (0,30 m x 2)	20	15	0	0	0
Empreintes semoir (%) (20 cm)	7	5	7	5	0
TOTAL SEMIS	27	20	7	5	0
+ pulvérisateur (0,30 m x 2)					
Largeur					
12 m (5 %)	32	20*	12	10	5
18 m (3,3 %)	30,3	23,3	10,3	8,3	3,3
24 m (2,5 %)	29,5	22,5	9,5	7,5	2,5
36 m (2 %)	29	20*	9	7	2

□ Cas les plus fréquents

* Les empreintes du pulvérisateur se superposent à celles du tracteur.

(1) Préparation classique : préparation du lit de semence avant le semis : les empreintes de roues du tracteur au semis restent en surface.

(2) Outils combinés : préparation du lit de semence et semis en un passage : outil à dents intercalé entre le tracteur et le semoir, empreintes de roues du tracteur effacées.

(3) Idem 2 + effacement des traces de roues du semoir (griffe...).

qui consiste à installer juste après le tracteur des dents pour griffer le sol (effaceurs de traces) réduit la surface totale tassée par les roues à des valeurs de 5,5 % à 11 %.

Depuis peu les semis de colza en septembre sont réalisés avec des semoirs de précision (à betteraves) à la place du semoir à céréales. Cette nouvelle technique augmente de 5-7 % à 11-20 % en moyenne (jusqu'à 33 %) la proportion de surface dégradée par les pneumatiques. Les risques d'érosion déjà élevés en automne-hiver compte tenu des céréales et des chantiers de récolte sont encore accrus.

3.2. Techniques culturales et détention superficielle

La détention superficielle est évaluée à partir de la rugosité de la surface du sol (BOIFFIN, 1988 ; cf. EIMBERCK, 1988).

Les valeurs de la détention superficielle estimées à partir des mesures de ruissellement (réalisées par le SRAE dans les conditions de pluie hivernale, OUVRY, 1987)

confirment les ordres de grandeurs donnés par BOIFFIN *et al.* (1988), EIMBERCK (1988) pour des terres à 2 % de pente (très représentées dans la région) :

- semis récent à structure motteuse : D.S. = 3 à 6 mm ;
- semis légèrement battu : D.S. = 1,5 à 3 mm ;
- semis très battu : D.S. = 0 à 1,5 mm.

3.2.1. DÉTENTION SUPERFICIELLE (D.S.) DES PRINCIPALES CULTURES

Au tableau III la gamme de variations observée de la rugosité apparaît très liée au type de culture, à la mécanisation et aux techniques culturales, ce que RAHELARISOA (1986) et ROOSE *et al.* (1988) constatent aussi dans d'autres régions.

D'après ce tableau on peut estimer les ordres de grandeur de l'extension des croûtes de battance. Après 45 à 60 mm de pluies cumulées sans interruption par une période de dessiccation, tous les agrégats de taille inférieure à 1,0 cm sont soudés. Ainsi, pour un blé d'hiver, 35 % à 80 % de la surface du sol forme des plaques.

TABLEAU III

Variabilité du degré d'affinement de l'état de surface initial du sol en fonction des cultures et des types de préparation
Roughness decreasing degree variability of initial soil surface state according to crops and preparation types

Culture	Degré d'affinement du lit de semence		% de la surface du sol couvert par des éléments de différents calibres			
Blé d'hiver	+++		80 %	15 %	5 %	
	++		55 %	15 %	30 %	
	+		35 %	20 %	45 %	
Pois	+++		80 %	10 %	10 %	
	++		60 %	20 %	20 %	
	+		45 %	25 %	30 %	
Lin	+++		90 %	8 %	2 %	
	++		75 %	15 %	10 %	
	+		55 %	25 %	20 %	
Betteraves sucrières	+++	rang	90 %	10 %		
		interrang	70 %	20 %		
		interrang biné	69 %	25 %	6 %	
	++	rang	85 %	15 %		
		interrang	57 %	35 %	10 %	
		interrang biné	55 %	37 %	8 %	
	+	rang	77 %	23 %		
		interrang	35 %	40 %	25 %	
		interrang biné	55 %	35 %	20 %	
	empreintes de roues		100 %			
		effacées	55 %	20 %	25 %	
	affinement localisé sur le rang	+	rang	85 %	10 %	5 %
			interrang	45 %	35 %	25 %
		-	rang	60 %	30 %	10 %
interrang			35 %	25 %	40 %	
			< 1,0 cm	1-3 cm	> 3,0 cm	

(+) : nombre de passages d'outils pour préparer le lit de semence

Après 200 mm de pluies cumulées supplémentaires en moyenne, tous les agrégats inférieurs à 3,0 cm sont fondus dans les croûtes qui recouvrent alors 55 % à 95 % de la surface du sol.

La marge de manœuvre possible pour obtenir un bon compromis entre l'affinage nécessaire au lit de semence et préserver le maximum de mottes en surface repose

sur le choix et les réglages de l'outil de préparation du lit de semence en fonction de l'humidité du sol et des tassements avant semis.

Notons que le précédent a un effet significatif sur la rugosité. Par exemple, les implantations de blé d'hiver après pomme de terre donnent une terre plus émietlée qu'après betterave (60 % contre 35 % de la surface

du sol sont couverts par des agrégats inférieurs à 1,0 cm).

Sur les sols limoneux (à moins de 15 % d'argile), ce sont les outils de préparation à dents rigides (herse) ou peu vibrantes qui donnent les lits de semence les plus motteux. L'utilisation d'outils animés pour préparer les semis de blé (tabl. III) produit un degré d'affinement très élevé (80 % de terre fine en surface) par rapport à ce que l'on obtient avec du matériel classique à dents vibrantes (55 % de terre fine en surface). Ces résultats rejoignent ceux du Lauragais (ROOSE, 1988) et du Nord-Pas-de-Calais (CAR de la Canche et de l'Authie, 1978).

Le nombre de passage d'outil doit aussi être réduit au minimum. On observe (fig. 3) que chaque passage supplémentaire diminue de 40 % la proportion de surface couverte par des mottes supérieures à 1,0 cm.

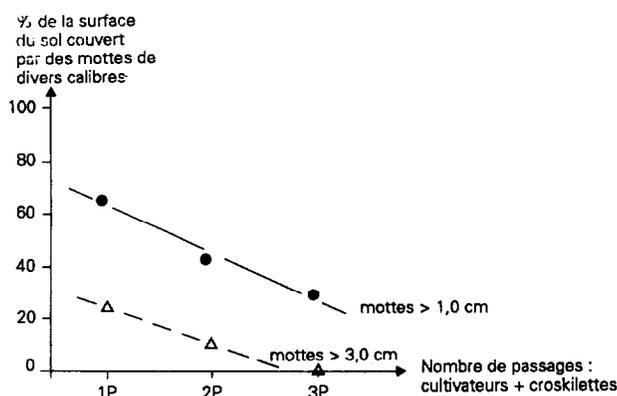


FIG. 3. — Degré d'affinage de la surface du sol en fonction du nombre de passages d'outil pour préparer le lit de semence (semis de betteraves, 1986).

Surface roughness decrease according to a tillage number for the seed bed to be prepared.

Pour la culture de pois, les semis en mars-avril sont généralement suivis d'un passage de rouleaux lisses qui écrase les mottes, aplanit la surface du sol pour faciliter la récolte, favoriser la levée et enfoncer les pierres s'il y en a. L'utilisation de ces rouleaux, qui ne paraît pas toujours justifiée, est un facteur aggravant pour les risques de ruissellement (BOIFFIN *et al.*, 1986 ; ROOSE *et al.*, 1988).

Les betteraves sucrières et le maïs nécessitent un lit de semence très affiné. Mais plutôt que d'affiner toute la surface du sol, il est possible de localiser l'affinement sur la bande du rang (tabl. III) et de laisser l'inter-rang (44 % de la surface) très motteux : 25 % à 40 % de la surface de l'inter-rang peut aussi être couverte par des mottes de plus de 3,0 cm de diamètre. Avec une technique similaire sur maïs, ROOSE *et al.* (1988)

ont obtenu par simulation de pluie une forte réduction du ruissellement. Cette pratique associée aux passages de griffes pour effacer les traces de roues du tracteur permet de conserver une rugosité maximale de surface pour ces cultures.

3.2.2. DÉTENTION SUPERFICIELLE DES INTERCULTURES

a) Après céréales, les travaux superficiels du sol ont pour but de favoriser la décomposition des résidus. Ils sont réalisés soit avec un cultivateur lourd à dents, soit avec un pulvérisateur (ou déchaumeuse à disques), soit avec une déchaumeuse à soc. On constate que les risques de ruissellement sont très faibles lorsque le modelé formé en surface est très chaotique, avec une macroporosité importante, en partie protégée par les résidus.

Le billonnage laissé à la surface du sol par les outils à dents et parfois à socs est très néfaste. De même l'affinement excessif réalisé par les covercrop à 2 trains de disques ou par plusieurs passages d'un autre outil est préjudiciable comme le prouvent les résultats illustrés sur la figure 1.

Que dire du non-déchaumage qui est une pratique en progression ? Cette technique présente l'inconvénient de laisser la surface du sol dans un état très dégradé. L'infiltrabilité y reste comprise entre 2 et 10 mm/h (6 à 7 mm/h en moyenne). Par contre elle offre les deux avantages suivants : d'une part l'infiltrabilité du non-déchaumage est supérieure à celle d'un déchaumage dont la croûte de battance serait généralisée (1 à 3 mm/h) du fait des fissurations et perforations des croûtes. D'autre part, dans les secteurs de pente supérieure à 3-4 % où il y a des risques d'érosion de versant, la cohésion de la surface du sol et la présence de racines de blé limitent significativement le développement d'incisions.

b) Si l'on en juge par leur état de surface, les risques de ruissellement sont les plus élevés pour les chantiers de récolte des cultures de printemps car ils sont nus et tassés sur 50 à 80 % de leur surface. Un seul passage d'outil à soc ou à dents limite voire même annule les risques en créant un état de surface motteux, chaotique à condition de ne pas créer un modelé en billon. Toute intervention supplémentaire affine inutilement le sol.

Pour ces intercultures nous savons aussi que l'implantation d'une culture dérobée dans les conditions décrites au paragraphe 3.1.1. peut préserver la rugosité du sol.

c) La figure synthétique 4 illustre, pour une rotation courante de la région, l'influence maximale positive et négative que les techniques culturales déterminent sur les risques de ruissellement par leurs actions sur l'infiltrabilité et la détention superficielle. Il est clair qu'elles jouent un rôle important sans toutefois pouvoir supprimer en totalité les risques pour des pluies de fréquence annuelle.

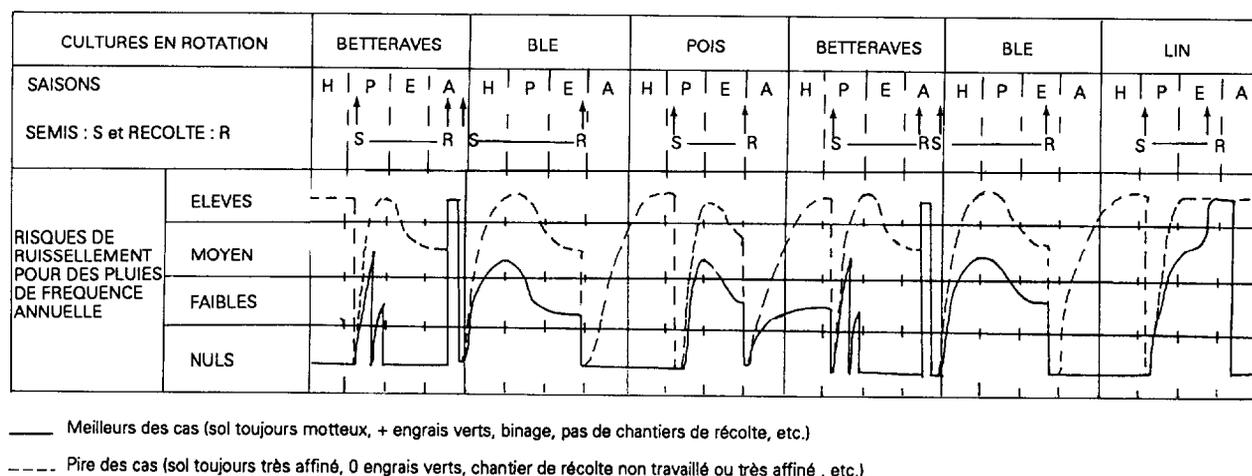


FIG. 4. — Exemple de la variabilité des risques de ruissellement estimés en fonction des techniques culturales « anti-ruissellement » ou très favorables au ruissellement pour des pluies de fréquence annuelle.
Variability example of runoff risks valued according to cultural practices against runoff or very propitious to runoff, in case of annual frequency raining.

4. INFLUENCES DES TECHNIQUES CULTURALES SUR LA SENSIBILITÉ A L'INCISION DANS LES ZONES DE CONCENTRATION DU RUISSELLEMENT

Les ravinements se développent dans les talwegs récemment ameublís du fait des ruissellements provenant des parcelles situées en amont.

Le développement des incisions dépend du rapport entre la cohésion des couches travaillées et de la capacité du ruissellement à détacher et à entraîner les particules (GOVERS, 1987). Pour une terre donnée, les compactages et les ameublissements qui résultent des techniques culturales, modifient le degré de cohésion. Ameublir la surface du sol est favorable à l'infiltration dans l'impluvium mais aussi très favorable à l'érosion dans les zones de collecte et inversement pour les actions de compactage.

Compte tenu de cette ambivalence, l'effet des techniques culturales doit s'apprécier en fonction du domaine considéré au sein du bassin-versant. C'est toute la complexité de ce type d'érosion. Dans les zones de concentration du ruissellement, il est impératif que les pratiques culturales mises en place soient spécifiques de la lutte contre l'érosion.

4.1. Actions individuelles

L'érosion chronique peut être limitée dans les zones de collecte très évasées, en pente faible et situées en aval de bassins-versants inférieurs à 50 ha. Les solutions consistent à :

- augmenter la cohésion de la terre par le compactage ou le non-ameublissement ;
- utiliser l'effet d'ancrage du système racinaire ;
- étaler les écoulements en largeur.

4.1.1. RÉSISTANCE DE LA TERRE À L'ARRACHEMENT

Le non-travail du sol pendant les intercultures est une solution. Il est réalisé sur une bande large de 10 m dans la zone de concentration après les cultures laissant un sol plat, sans ornière ni terre fine en surface (pomme de terre). Les résultats obtenus par ce biais sont significatifs. Dans le cas du binage il pourrait être intéressant de vouloir biner tout l'impluvium excepté les zones de concentrations. Mais cette pratique se heurte à des difficultés, non maîtrisées, de salissement de l'interrang. De même des essais de recompactage de la terre après les semis ou tout autre travail du sol ont limité la gravité des dégâts d'érosion. Le recompactage est réalisé par les passages répétés d'un tracteur et ses équipements sur une bande large de 6 à 10 m de façon à accroître aussi l'étalement des écoulements. Cette solution a l'avantage d'être aisée à mettre en place et de s'adapter à toutes les dispositions du talweg par rapport au parcellaire.

La création d'un petit chenal par une raie de labour permet d'éviter l'érosion de la terre labourée. Il faut pour cela que le talweg soit rectiligne et si possible parallèle au sens de travail du sol et que l'on prenne soin de recompacter le chenal.

Notons que la mise en place de ce type de solutions est un premier pas. Il fait prendre conscience qu'il existe des moyens de réduire les risques d'érosion.

4.1.2. BANDE ENHERBÉE (WATER-WAY)

La constitution de bande enherbée est réalisable lorsque les talwegs sont parallèles ou perpendiculaires au sens de travail du sol. En effet ces situations posent moins d'obstacles aux travaux du sol et aux traitements.

Cette solution convient aux talwegs peu évasés ou en pente supérieure à 1-2 % ou en aval d'impluviums plus étendus que dans le cas de recompactage. Toutefois, les essais réalisés montrent que le profil en travers du chemin d'eau doit être particulièrement soigné. Les résultats en Pays de Caux pour limiter l'arrachement sont tout à fait probants.

De façon similaire, le non-retournement d'une bande de prairie en fond de vallon est très efficace lorsque ce maintien est possible.

4.1.3. STOCKAGE TEMPORAIRE

En amont des secteurs ravinés, le creusement de mares tampon à redistribution lente de quelques centaines de mètres cubes donne des résultats non satisfaisants. La capacité de stockage est trop souvent sous-dimensionnée et les mares débordent. Pour éviter ce problème les débits de fuite sont augmentés et l'érosion réapparaît si le talweg aval n'est pas traité spécialement : cf 4.1.2. L'intérêt individuel de tels ouvrages est donc réduit, mais sur le plan collectif, ils contribuent à étaler les crues.

4.2. ACTIONS COLLECTIVES

Lorsque les bassins dépassent 1 à 5 km², seul l'établissement d'un réseau hydraulique constitué de fossés, de bandes enherbées et de systèmes de stockage tampon permet de maîtriser efficacement les risques d'érosion. Il devrait être au mieux réalisé lors des opérations de restructuration foncière.

5. CONCLUSIONS

L'effet des techniques culturales sur la susceptibilité à l'érosion doit être analysée au regard du type d'érosion rencontré.

Dans notre cas d'érosion qui se développe sur des sols limoneux homogènes et fragiles par concentration du ruissellement, il faut distinguer :

1. l'effet des techniques culturales sur la production du ruissellement et sur l'érosion en nappe au niveau de portion de versant ou de parcelle ;
2. l'effet des techniques culturales sur l'érosion en rigoles et ravines temporaires dans les zones de ruissellement concentré : talweg, fourrières, et raccord talweg — fourrière sur un versant.

Sur ces deux domaines, il existe une marge de manœuvre. Mais sur chacun d'eux, les processus en

cause sont différents et une même action peut avoir des effets diamétralement opposés dans chaque cas comme le tassement par exemple. De ce fait, une technique culturale a des effets totalement divergents selon la zone qu'elle affecte. La marge de manœuvre pour réduire les risques est donc plus complexe que ne le suggère l'USLE, puisqu'il faut adapter les pratiques culturales à chaque zone.

Sur les secteurs producteurs de ruissellement, les risques dépendent principalement de l'état de la surface du terrain : infiltrabilité, rugosité, existence d'un réseau de collecte. L'exemple de la nouvelle technique de semis du colza montre bien que si les assolements déterminent un risque global de ruissellement (PAPY *et al.*, 1988), l'action des façons culturales actuelles est considérable.

Par ailleurs, il faut encore s'assurer que les moyens de réduire les ruissellements puissent être intégrés aux systèmes de production en vigueur (PAPY, BOIFFIN, 1988).

Nous savons aussi que des ruissellements sont inévitables : sur céréales en hiver pluvieux ou sur toutes cultures lors d'orages. Il est donc nécessaire que les passages d'eaux soient prévus et aménagés au niveau des zones de concentration du ruissellement aussi petites soient-elles notamment par les façons culturales de non-ameublissement et de recompactage.

Cependant, à l'échelle de bassin versant plus vaste (≥ 1 km²), il est bien évident que l'établissement d'un réseau hydraulique est une mesure indispensable dans le contexte de l'agriculture intensive du nord-ouest à l'Europe.

PHOTO 1. — Ravine temporaire typique sur céréale en hiver (Pays de Caux).

PHOTO 2. — Semis de blé avec croûte de battance généralisée après 84 mm de pluie cumulée (intensité maximale des pluies $\leq 7,0$ mm/h).

PHOTO 3. — Etat motteux parfait de la surface du sol au printemps après un engrais vert (MB : 17,6 kg/ha) détruit par le gel (ΣP reçue > 400 mm).

PHOTO 4. — Erosion de talweg sur semis de betteraves. Ruissellements provenant de la surface battue sous blé situé en amont, dont le couvert est presque total.

PHOTO 5. — Aménagement efficace : talweg non déchaumé après céréales, sol travaillé et motteux sur l'impluvium.

PHOTO 6. — Talweg recompacté après semis pour limiter l'érosion de la couche arable.

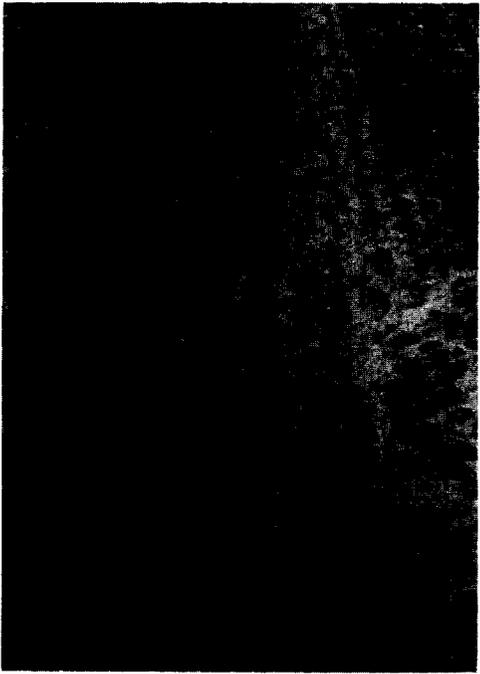


1

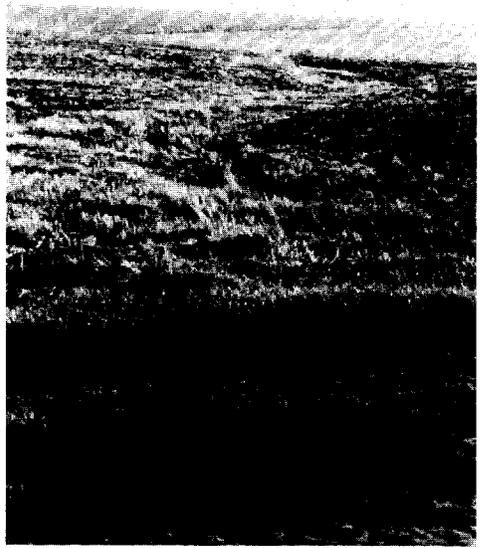


4

5



2



6



3



REMERCIEMENTS

Ces résultats ont été obtenus dans le cadre de l'opération pilote régionale de « Lutte contre les inondations et l'érosion des terres », financée par les ministères de l'Agriculture et de l'Environnement, la région de Haute-Normandie, le département de Seine-Maritime, la Chambre d'Agriculture et de nombreuses collectivités locales.

Je tiens à remercier pour leur concours : MM. BOIFFIN, PAPY, MASCLÉ, Mme EIMBERCK de l'INRA, le SRAE de Haute-Normandie, le SERDA de Haute-Normandie et Mme AUZET pour ses judicieuses observations sur le manuscrit.

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

BIBLIOGRAPHIE

- AUZET (V.), 1987. — L'érosion des sols par l'eau dans les régions de grande culture : aspects agronomiques. ministère de l'Environnement et ministère de l'Agriculture, CEREG, Organisation-Environnement, 53 p. + annexes.
- BOARDMAN (J.), ROBINSON (D.A.), 1985. — Soil erosion, climatic vagary and agricultural change on the Downs around Lewes and Brighton, autumn 1982. *Applied Geography* 5 : 243-258.
- BOIFFIN (J.), PAPY (F.), PEYRE (Y.), 1986. — Systèmes de production, systèmes de culture et risques d'érosion dans le Pays de Caux. Ministère de l'Agriculture (DIAME), INA Paris-Grignon, INRA, Rapport 154 p. + annexes.
- BOIFFIN (J.), PAPY (F.), 1988. — Prédiction et maîtrise de l'érosion : Influence des systèmes de cultures. *Perspectives agricoles* N° 122 : 93-98.
- BOIFFIN (J.), PAPY (F.), EIMBERCK (M.), 1988. — Influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion par ruissellement concentré. I. Analyse des conditions du déclenchement de l'érosion. *Agronomie* 8 (8) 1, 11 p.
- BOLLINNE (A.), 1982. — Etude et prédiction de l'érosion des sols limoneux cultivés en Moyenne Belgique. Ph. D. thesis, Univ. Liège, Faculté des Sciences, 365 p.
- Comité d'aménagement rural de la Canche et de l'Authie, SRAE du Nord - Pas-de-Calais, 1978, 1979. — Etude sur l'érosion des terres agricoles dans le Val de Canche, 4 documents, 132 p. + annexes.
- CEMAGREF 1986 et 1987. — Les dégâts causés par les pluies intenses dans le bassin du Croult (Val-d'Oise). Conseil général du Val-d'Oise, ministère de l'Environnement, 3 rapports, 236 p.
- DE PLOEY (J.), 1988. — No tillage, experiments in the Central Belgian Loess Belt. Catena ed. *Soil Technology*, Vol. 1 : 181-184.
- EIMBERCK (M.), 1988. — Facteurs d'érodibilité des sols limoneux : réflexions à partir du Pays de Caux. *Cah. ORSTOM, série pédol.*, vol. XXV, n° 1-2, 1989 :
- FOSTER (G.R.), 1985. — Understanding ephemeral gully erosion (concentrated flow erosion). PURDUE Univ., West Lafayette, 29 p + annexes, *multigr.*
- GOVERS (G.), 1987. — Spatial and temporal variability in rill development processes at the Huldberg experimental site. *Catena* supplement 8 : 17-34.
- MARTIN (L.), 1979. — Accelerated soil erosion from tractor wheelings : a case study in Mid-Bedfordshire, England. Col. sur l'érosion des sols en milieu tempéré non méditerranéen. Univ. Louis Pasteur Strasbourg, INRA : 157-161.
- MONNIER (G.), BOIFFIN (J.), PAPY (F.), 1986. — Réflexions sur l'érosion hydrique en conditions climatiques et topographiques modérées : cas des systèmes de grande culture de l'Europe de l'Ouest. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 12 (2) : 123-131.
- OUVRY (J.F.), 1982. — Localisation et description des sites d'érosion des sols agricoles du bassin inférieur de l'Yères (Seine-Maritime). Mémoires DAA, ENSA Rennes INRA Rennes et Rouen, 72 p. + annexes.
- OUVRY (J.F.), 1986 et 1987. — Bilan des travaux des campagnes 1985, 1986 et 1987. — Opération de lutte contre les inondations et l'érosion des sols. Volet 1 : Ruissellement et érosion des terres agricoles. AREAS, 2 Rapports 74 et 153 p. + annexes.
- PAPY (F.), BOIFFIN (J.), DOUYER (C.), 1988. — Influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion par ruissellement concentré. II. Essai d'évaluation des possibilités de maîtrise du phénomène dans les exploitations agricoles. *Agronomie* 8 (9) : 745-756.
- RAHELARISOA (M.A.), 1986. — Influences des techniques culturales sur le comportement hydrodynamique et la susceptibilité à l'érosion de sols limoneux et sableux. Thèse de doctorat, univ. Orléans, 297 p.
- ROOSE (E.J.), MASSON (F.X.), 1983. — Consequence of heavy mechanization and new rotation on runoff loessial soil degradation in north France. In : El Swaify, Moldenhauer & Lo (eds), Soil erosion and conservation : 24-33.

- ROOSE (E.), CAVALIE (J.), 1988. — Nouvelle stratégie de gestion conservatoire des eaux et du sol : GCES. Application en France et en Afrique Occidentale. Conférence internationale ISCOS : Bangkok 18-29/01/88.
- SAVAT et DE PLOEY (J.), 1982. — Sheetwash and rill development by surface flow, R. Brian et A., Yair (eds), *Badland Geomorphology and Piping*, Geo Books, Norwich : 113-126.
- SERDA de Haute-Normandie, 1986 et 1987. — Programme de lutte contre l'érosion des terres et les inondations. Volet I : ruissellement et érosion des terres agricoles. Rapports d'activité internes des campagnes 1985-86, 1986-87 (SERDA, AREAS, INRA, SRAE).
- TREVISAN, 1986. — Comportement hydrique et susceptibilité à l'érosion des sols limoneux cultivés. Etude expérimentale aux champs sous pluies simulées. Thèse 3^e cycle, univ. Orléans, INRA, 244 p.