Culture suivie :	blé d'hiver	**Essai mis en place par :**	CA 27
Date :	4 au 6 janvier 2005	**Simulation effectuée par :**	AREAS, CA 27

Objectif de l'essai : lutte contre le ruissellement hivernal de blé d'hiver

Modalités comparées : sol préparé par une herse rotative ou par un marksem

I. Description

A. Caractéristiques du site :

Région naturelle :	Roumois (27)	**Sol :**	Limon profond
Commune :	Surville	**Sable grossier :**	0,6 %
Agriculteur :	M. Bertrand Pétel	**Sable fin :**	7,2 %
Coordonnées	X = 510850	**Limon grossier :**	51,8 %
(Lambert II) :	Y = 2467670	**Limon fin :**	26,2 %
	Z = 152	**Argile :**	12,5 %
		MO :	1,6 %
		pH :	7,5
		Pente :	1,0 à 2,1 %

succession culturale

année	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
récolte	pois	blé	pomme de terre	blé	lin	blé	betterave	blé

B. Modalités comparées

Figure 1 :modalité herse rotative, vue générale, photo du 6 janvier 2005 *(source AREAS)*

Figure 2 : modalité marksem, vue générale, photo du 6 janvier 2005 *(source AREAS)*

Première modalité : le labour est affiné à l'aide d'une herse rotative.

Seconde modalité : le labour est affiné à l'aide d'un marksem.

On enregistre le ruissellement d'une placette soumise a une pluie artificielle. La placette a une largeur égale a une demi largeur d'outil, soit 2 m pour la herse rotative, et 1,5 m pour le marksem, et une longueur comprise entre 5,0 et 5,5 m. Cette placette est soumise à deux pluies successives :

essai réalisé grâce au soutien financier de :

- une pluie continue d'intensité faible pendant deux heures, donnant une intensité moyenne de 8 mm/h,
- suivie d'une pause d'une vingtaine de minutes,
- puis une pluie continue et homogène de 33 mm/h pendant au moins 57 minutes jusqu'à atteindre une intensité de ruissellement stable, dans la limite des réserves en eau disponibles.

Une étude postérieure à ces travaux a montré que la pluie créée par le premier jeu de buses était tellement hétérogène que les ruissellements enregistrés sous ces pluies sont impossibles à interpréter. Le paragraphe III.A.2 page 12 donne davantage de détail sur ce constat. Pour cette mesure de ruissellement, on considérera la première pluie comme une pluie d'humectation de 16 mm appliquée en 2 heures, pour mettre tous les essais en conditions humides avant d'appliquer la pluie intense de 33 mm/h.

C. Calendrier des interventions

Précédent : betterave, arrachées le 7 octobre dans de bonnes conditions.
Travail du sol : labour à 16 pouces le 9 octobre, et semis. L'attelage était le suivant : tasse-avant – tracteur avec roues jumelées – herse rotative *ou* marksem – semoir 4m, et pesait 9 tonnes au total.

D. État lors de la simulation

Il s'agit du site d'essai principal de la Chambre d'agriculture de l'Eure pour la campagne 2004-2005 pour la mesure de ruissellement sous pluie naturelle. Outre la herse rotative et le marksem, la herse alternative et le vaderstadt sont aussi testés, en labour et en non-labour (8 modalités au total). Les deux modalités sur lesquelles nous avons travaillé avec le simulateur de pluie présentent les états de surfaces les plus distincts au sein des modalités labourées.

Entre le 9 octobre et le 4 janvier, il est tombé 146 mm de pluie, ce qui est peu. La pluie des 48 heures précédent les essais était de 0,6 mm, et celle des 10 jours précédents était de 7,6 mm.

Figure 3 : état de surface de la modalité herse rotative, vue de détail, photo du 6 janvier 2005

Figure 4 : état de surface de la modalité marksem, vue de détail, photo du 6 janvier 2005

II. Résultats

A. présentation synthétique des résultats

Le Tableau 1 présente les chiffres synthétiques des quatre essais réalisés. Les notations HR1 et HR2 désignent respectivement les résultats des essais 1 et 2 de la

modalité herse rotative ; M1 et M2 désignent respectivement les résultats des essais 1 et 2 de la modalité marksem. Rappelons les 16 mm de pluie d'humectation préalable sur chaque placette, qui n'apparaissent pas dans les cumuls.

Tableau 1 : synthèse des résultats

	HR1	HR2	M1	M2
Durée de la pluie de 33 mm/h (1) (minutes)	65 (2)	61	87	57
Quantité de pluie (mm)	36 (2)	33	48	34
Pluie d'imbibition (mm)	1 (2)	1	3	2
Saturation atteinte ?	Oui	Oui	Non	Oui
Pluie de saturation (mm)	15 (2)	12	> 48	9
Infiltration à saturation (mm/h)	26	26	< 24	32
Intensité finale de ruissellement (mm/h)	7	7	8	1
Ruissellement cumulé après 57 min de pluie à 33 mm/h (mm)	4,7 (2)	5,8	4,5	1,0

- *Pluie d'imbibition* : pluie nécessaire depuis le début de la pluie de 33 mm/h pour observer le début du ruissellement.
- *Pluie de saturation* : pluie nécessaire depuis le début de la pluie de 33 mm/h pour observer un régime stationnaire, synonyme de saturation.
- *Intensité finale de ruissellement* : intensité moyenne du ruissellement au cours des 3 minutes précédant l'arrêt du simulateur de pluie.

(1) voir le paragraphe III.A.2 page 12 sur la connaissance des pluies artificielles du simulateur.
(2) voir le paragraphe II.B page 4 pour la description des problèmes liés au vent.

La Figure 5 synthétise les mesures de ruissellement au cours de la pluie à 33 mm/h en présentant en parallèle les ruissellement cumulés des quatre essais en fonction de la pluie cumulée.

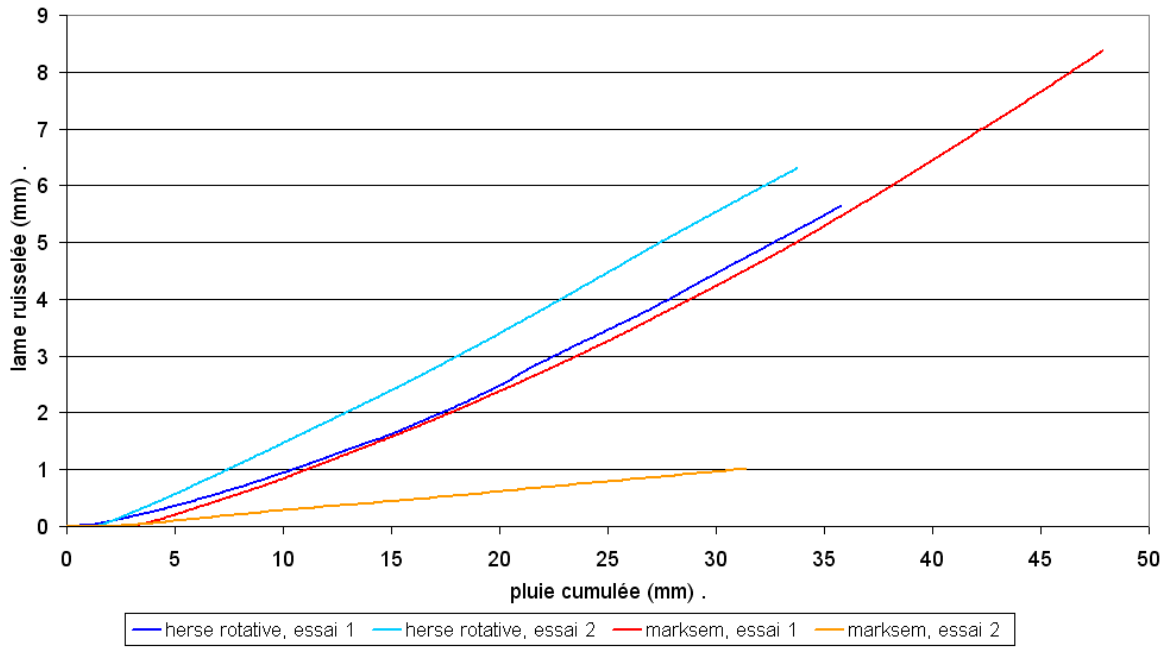


Figure 5 : ruissellement cumulé des différents essais en fonction de la pluie cumulée sous une pluie artificielle de 33 mm/h

B. Modalité herse rotative, essai 1

La pente locale est de 1,0 %. La herse mesurant 4 m de large, la placette a été installée sur une demi largeur d'outil, soit 2,0 m de large, comprenant une trace de roue. La longueur a été fixée à 5,5 m.

1. État de surface au cours de l'essai

		Avant la pluie artificielle	Après la pluie artificielle
Développement de la croûte de battance		F2	F2
Macroporosité		Faible, quelques petites fissures	Faible, quelques petites fissures
Rugosité		R0	R0
Couvert végétal		10 %	10 %
Humidité pondérale	0 – 2 cm	25,6 %	28,7 %
	9 – 10 cm	26,8 %	29,0 %
	24 – 26 cm	24,5 %	30,0 %

Figure 6 : modalité herse rotative, essai 1, le 4 janvier avant la pluie

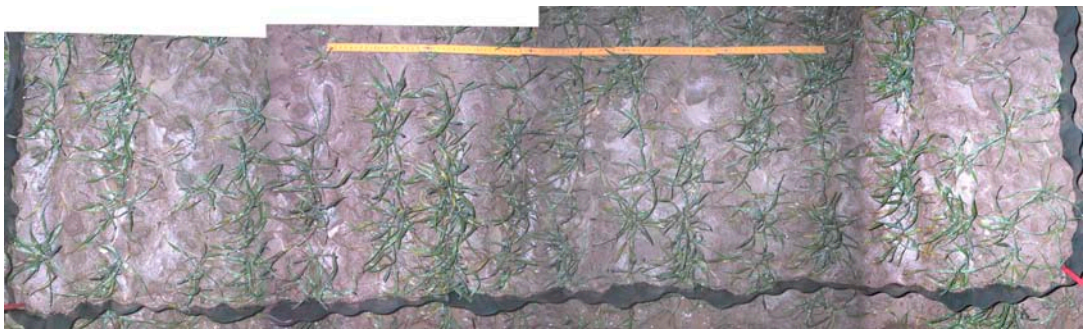
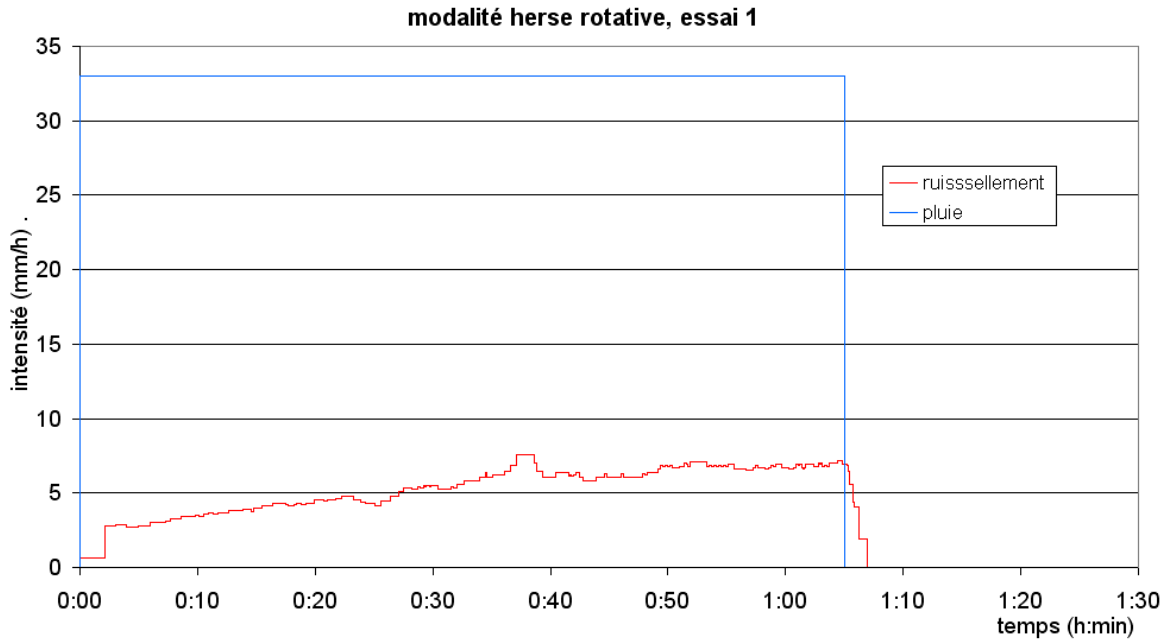


Figure 7 : modalité herse rotative, essai 1, le 4 janvier après la pluie

2. *Enregistrement*



pluie d'imbibition : 1 mm.
pluie de saturation : 15 mm
infiltration à saturation : 26 mm/h

C. Modalité herse rotative, essai 2

La placette mesure 2,0 m par 5,0 m, sur une pente de 1,1 %.

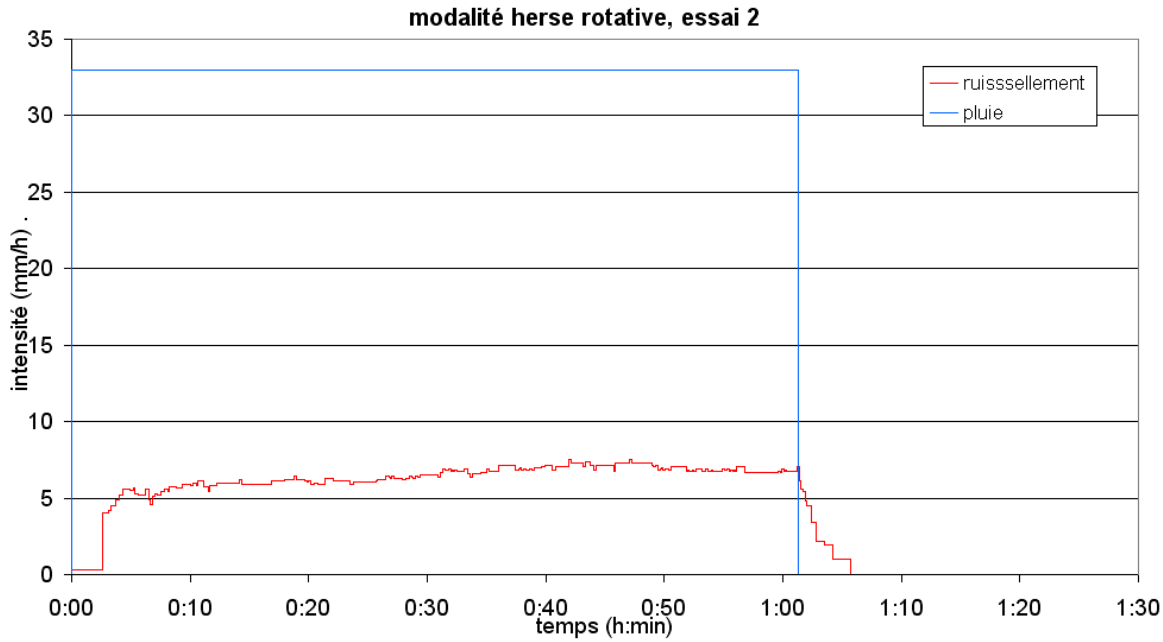
1. État de surface au cours de l'essai :

		Avant la pluie artificielle	Après la pluie artificielle
Développement de la croûte de battance		F2	F2
Macroporosité		Faible, quelques petites fissures	Faible, quelques petites fissures
Rugosité		R0	R0
Couvert végétal		10 %	10 %
Humidité pondérale	0 – 2 cm	27,1 %	30,1 %
	9 – 10 cm	29,9 %	27,7 %
	24 – 26 cm	24,4 %	32,0 %

Figure 8 : modalité herse rotative, essai 2, le 5 janvier avant la pluie

Figure 9 : modalité herse rotative, essai 2, le 5 janvier après la pluie

2. *Enregistrement*



pluie d'imbibition : 1 mm

pluie de saturation : 12 mm

infiltration à saturation : 26 mm/h

D. Modalité marksem, essai 1

La placette mesure 1,5 m x 5,0 m, porte sur la moitié d'un passage d'outil avec une trace de roue. La pente locale est de 1,6 %. La rugosité est à peine supérieure à celle des placettes de la modalité herse rotative.

1. État de surface au cours de l'essai

		Avant la pluie artificielle	Après la pluie artificielle
Développement de la croûte de battance		F2	F2
Macroporosité		Aucune	Aucune
Rugosité		R0-R1	R0-R1
Couvert végétal		< 10 %	< 10 %
Humidité pondérale	0 – 2 cm	26,0 %	32,9 % (échantillon moyen)
	9 – 10 cm	28,5 %	
	24 – 26 cm	23,6 %	

Figure 10 : modalité marksem, essai 1, le 5 janvier avant la pluie

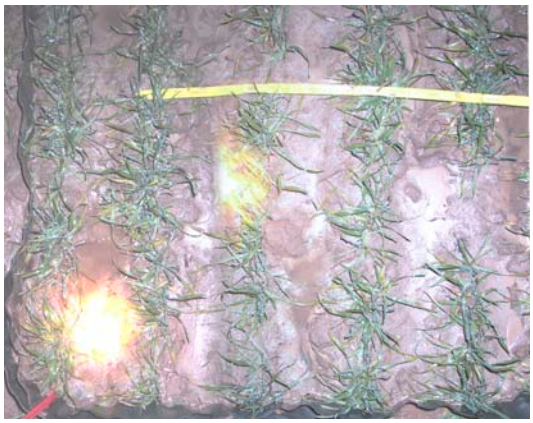
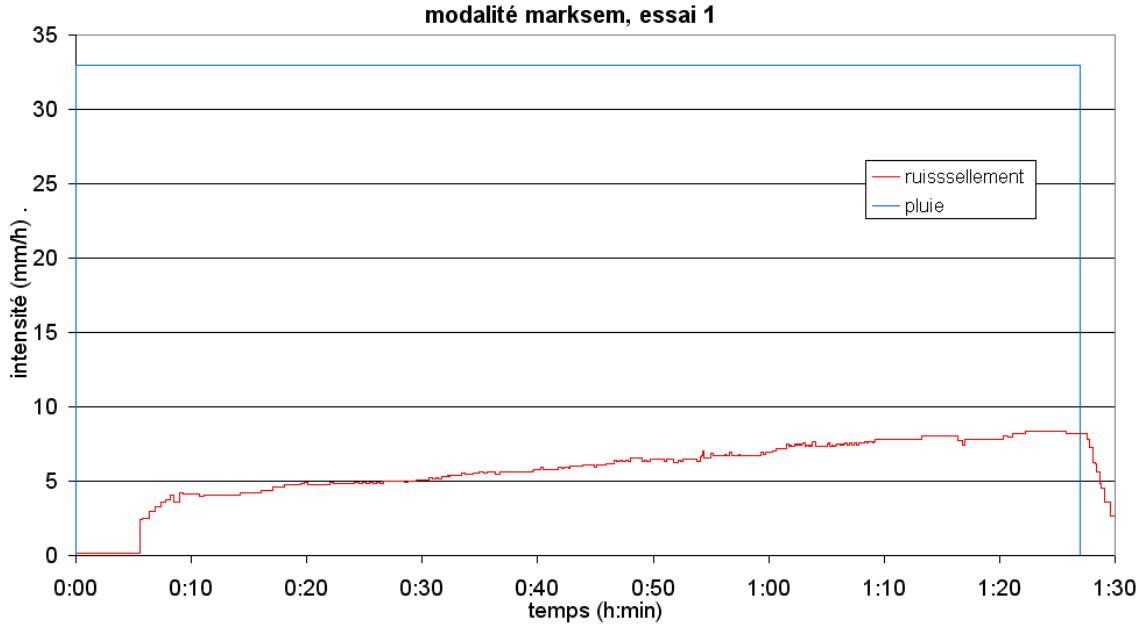


Figure 11 : modalité marksem, essai 1, le 5 janvier après la pluie

2. *Enregistrement*



Au bout de 87 minutes d'une pluie à 33 mm/h, l'intensité du ruissellement augmentait toujours lorsque la réserve d'eau s'est retrouvée vide. La saturation n'a donc pas été atteinte. A l'issue de l'essai, le sol est tellement gorgé d'eau qu'il est impossible de faire les prélèvements aux trois profondeurs habituelles. Un unique échantillon moyen est prélevé.

pluie d'imbibition : 3 mm

pluie de saturation : > 48 mm

infiltration finale : 24 mm/h

E. Modalité marksem, essai 2

Les dimensions de la placette (1,5 m x 5,0 m) et son implantation (1/2 outil dont une trace de roue) sont identiques à celles de l'essai 1. La pente locale est de 2,1 %.

1. *État de surface au cours de l'essai*

		Avant la pluie artificielle	Après la pluie artificielle
Développement de la croûte de battance		F2	F2
Macroporosité		Une grande fissure de 2 m dans le sens du travail	La fissure n'est pas fermée
Rugosité		R0 sur 2/3 de la surface, R1-R2 ailleurs (de grosses mottes et des dépressions de qq cm).	idem
Couvert végétal		< 10 %	< 10 %
Humidité pondérale	0 – 2 cm	25,6 %	28,7 %
	9 – 10 cm	26,8 %	29,0 %
	24 – 26 cm	24,5 %	30,0 %

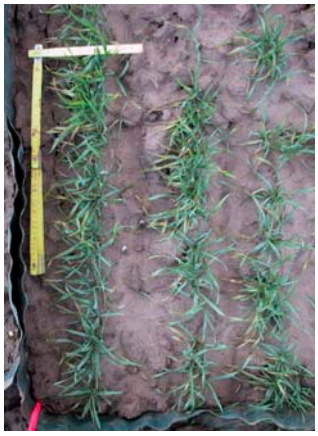
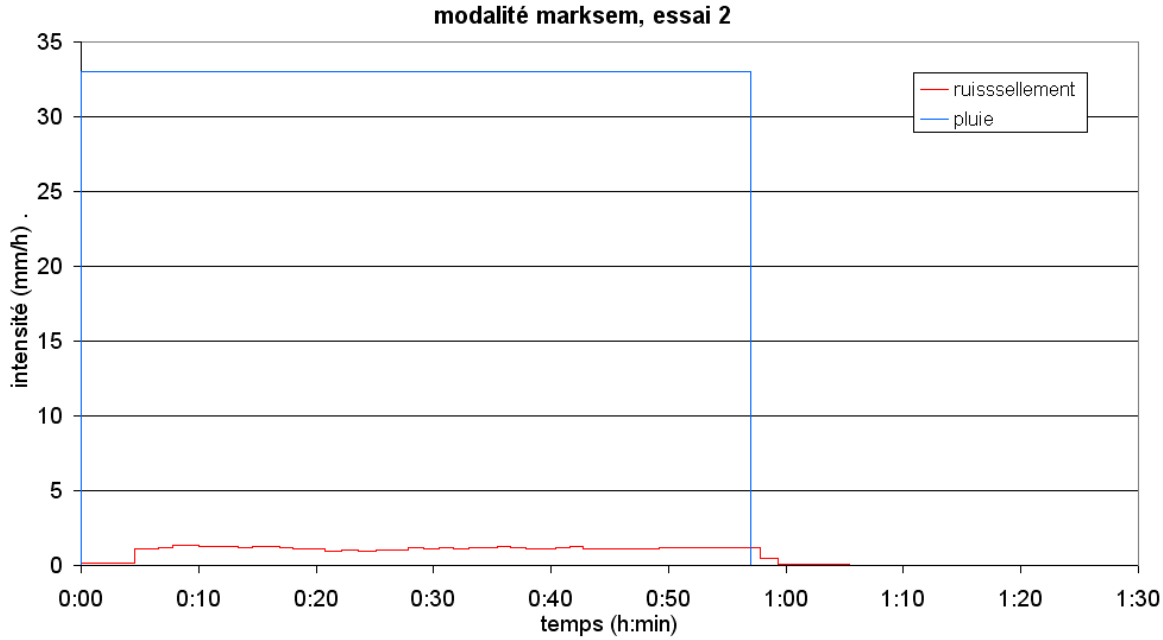


Figure 12 : modalité marksem, essai 2, le 6 janvier avant la pluie

Figure 13 : modalité marksem, essai 2, le 6 janvier après la pluie

2. *Enregistrement*



La surface est ici beaucoup plus irrégulière que sur l'essai 1 de la même modalité. Les photos d'état de surface (Figure 12 et Figure 13) montrent une dépression a proximité du mètre dépliant. Observation à 1h45, sous la pluie de 8 mm/h : un ruissellement a lieu sur une longueur de 40 à 45 cm jusqu'à une flaque de 1 cm de profondeur, on voit se former un cône de sédimentation à l'arrivée de ce flux dans la flaque, mais celle-ci ne déborde pas, tout est infiltré là. Observation au même endroit sous la pluie de 33 mm/h : le ruissellement est continu sur une longueur de 75 cm cette fois, incluant la précédente flaque qui déborde vers une autre plus bas qui infiltre toute l'eau qui lui parvient ; les flaques peuvent présenter des profondeurs de 3 cm.

pluie d'imbibition : 2 mm

pluie de saturation : 9 mm

infiltration finale : 32 mm/h

III. Analyse et commentaire

A. Qualité des enregistrements

1. *mesure du ruissellement*

Le vent assez fort a posé des problèmes, surtout au cours du premier essai : la dérive des gouttes de pluie sous l'effet du vent laissant une partie de la placette sans pluie pour la pluie d'humectation. Néanmoins ce problème sur HR1 a été résolu pour la pluie de 33 mm/h, et on peut considérer que les quatre essais ont été réalisés dans des conditions comparables.

2. *pluie artificielle*

L'étude du simulateur en conditions contrôlées au cours de l'été 2005 a permis de caractériser finement les pluies produites par le simulateur. Elle a montré que les conditions de vent locales au moment des essais amènent une imprécision sur l'intensité moyenne de la pluie artificielle arrivant sur la placette. Cette imprécision est difficile à évaluer, mais elle est vraisemblablement de 1 ou 2 mm/h.

Par ailleurs, cette pluie de 33 mm/h pendant près d'une heure au mois de janvier est un événement très rare en conditions naturelles. Selon les calculs de Météo France pour la station de Rouen-Boos, pour une pluie de 60 minutes, la hauteur d'eau cinquantennale est de 33,9 mm.

B. La modalité « herse rotative »

Les deux essais ont un comportement très proche. Sous la pluie de 33 mm/h, les pluies de saturation sont du même ordre, et les intensités de ruissellement à saturation sont identiques (7 mm/h dans les deux cas).

C. La modalité « marksem »

Les deux répétitions de cette modalité ne se ressemblent pas. Le premier essai a une réponse similaire à celles de la modalité herse rotative, à ceci près que le plateau de saturation n'est pas atteint, tandis que le second essai ne produit pas plus de 1,1 mm/h de ruissellement et infiltre donc environ 32 mm/h de pluie.

Cette différence est cohérente avec les observations d'état de surface. L'état de surface du premier essai était à peine plus motteux que celui laissé par la herse rotative, tandis que le second présentait une surface plus irrégulière, présentant à la fois de grosses mottes et des dépressions, comme le montrent les photos de la Figure 10 à la Figure 13.

Cette hétérogénéité dans les états de surface laissés par le marksem est normale puisque il s'agit d'un outil qui n'est pas animé, reprenant un chantier de récolte de betteraves, dont la compaction n'est pas uniforme. En effet, au cours de la récolte des betteraves, le champs est parcouru par l'arracheuse, et par la remorque tirée par un tracteur. La compaction due à la remorque n'est pas partout la même, elle varie avec son remplissage et les allers-retours nécessaires lorsque elle est pleine. Lorsque le chantier de récolte est labouré, les zones plus compactées laisseront de plus grosses mottes que les autres. Cette hétérogénéité est gommée par un outil animé tel qu'une herse rotative, mais pas par un marksem qui n'est pas animé.

IV. Conclusion

A l'échelle de la parcelle, la modalité marksem ruisselle moins que la modalité herse rotative, avec des infiltrations comprises entre 24 et 32 mm/h pour la première et

une infiltration de 26 mm/h pour la dernière. Ces valeurs particulièrement élevées s'expliquent par trois facteurs :

1. Pour un mois de janvier, l'état de surface est peu dégradé, puisque la parcelle n'a reçu que 146 mm de pluie depuis le semis début octobre. La surface était seulement en début de faciès F2, et des périodes de sec relatif avaient renforcé la stabilité structurale des agrégats.
2. Les sols ont reçu peu de pluie les jours précédents l'essai : moins de 1 mm dans les 48 heures, et moins de 8 mm dans les 10 jours. Malgré la pluie d'humectation de 16 mm avant chaque essai, les sols étaient encore assez bien ressuyés, on n'était donc pas dans les conditions les plus défavorables pour cet état de surface.
3. Les mesures ont été faites sous une pluie de 33 mm/h continue et longue, chose rare au mois de janvier. Or on sait aussi que plus l'intensité de la pluie est élevée, plus l'infiltration est forte.