



RUISSELLEMENT -
EROSION- POLLUTION :
Systèmes de cultures et
pratiques culturelles

Jean-François OUVRY
Jean-Baptiste Richet

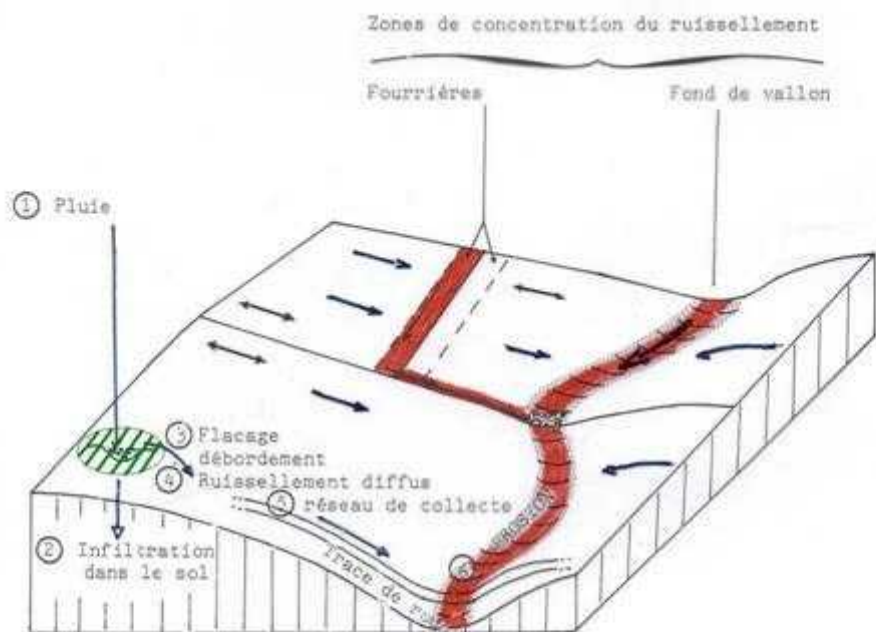
FORMATION AREAS
12/10/2021

Plan



1. Généralités
2. Pratiques culturales en système labour
3. TCSL et autres
4. Une méthode d'analyse du risque de ruissellement sur une exploitation
5. Assolement concerté.

Niveau d'actions stratégiques : sur la genèse du ruissellement



- ← sens de travail du sol
- sens des écoulements
- zone de production du ruissellement
- zone de concentration du ruissellement
- ⊂ zone à risque d'érosion

Schéma et processus simplifié de l'érosion en Haute-Normandie
d'après J. BOIFFIN (INRA)

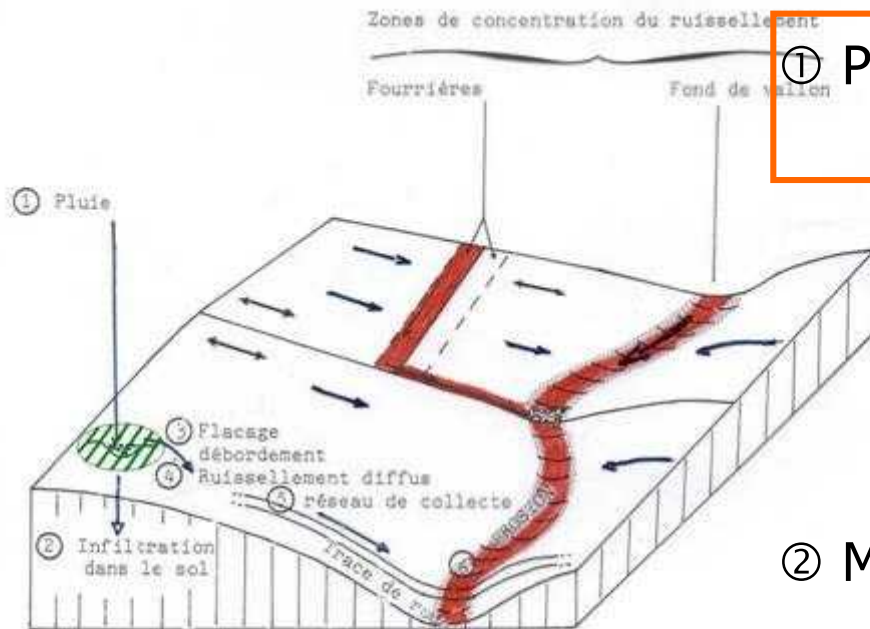
① Agricole

- Travail du sol
- Couverture des sols
- Systèmes de production
- Affectation d'une culture à un site

② Urbain

- Collecte et gestion des eaux pluviales (réduction des débits, infiltration)

Niveau d'actions stratégiques : sur la concentration du ruissellement



- ← sens de travail du sol
- sens des écoulements
- zone de production du ruissellement
- zone de concentration du ruissellement
- ⊂ zone à risque d'érosion

Schéma et processus simplifié de l'érosion en Hauts-Normandie d'après J. BOIFFIN (INRA)

① Protéger le sol de l'incision

- Pratiques culturales

- Aménagement hydraulique pour canaliser et guider
- Aménagement du parcellaire en fonction de la pente et du réseau

② Maîtriser les écoulements et leur charge

- Création d'un ensemble d'aménagements structurés en réseau
- Créer des ouvrages de rétention pour écrêter les débits
- Créer des structures de réinfiltration et ou sédimentaires

Pistes pour des marges de manoeuvre vis-à-vis du ruissellement ?



- Préserver la capacité d'infiltration
 - retarder l'apparition des croûtes
 - limiter leur importance

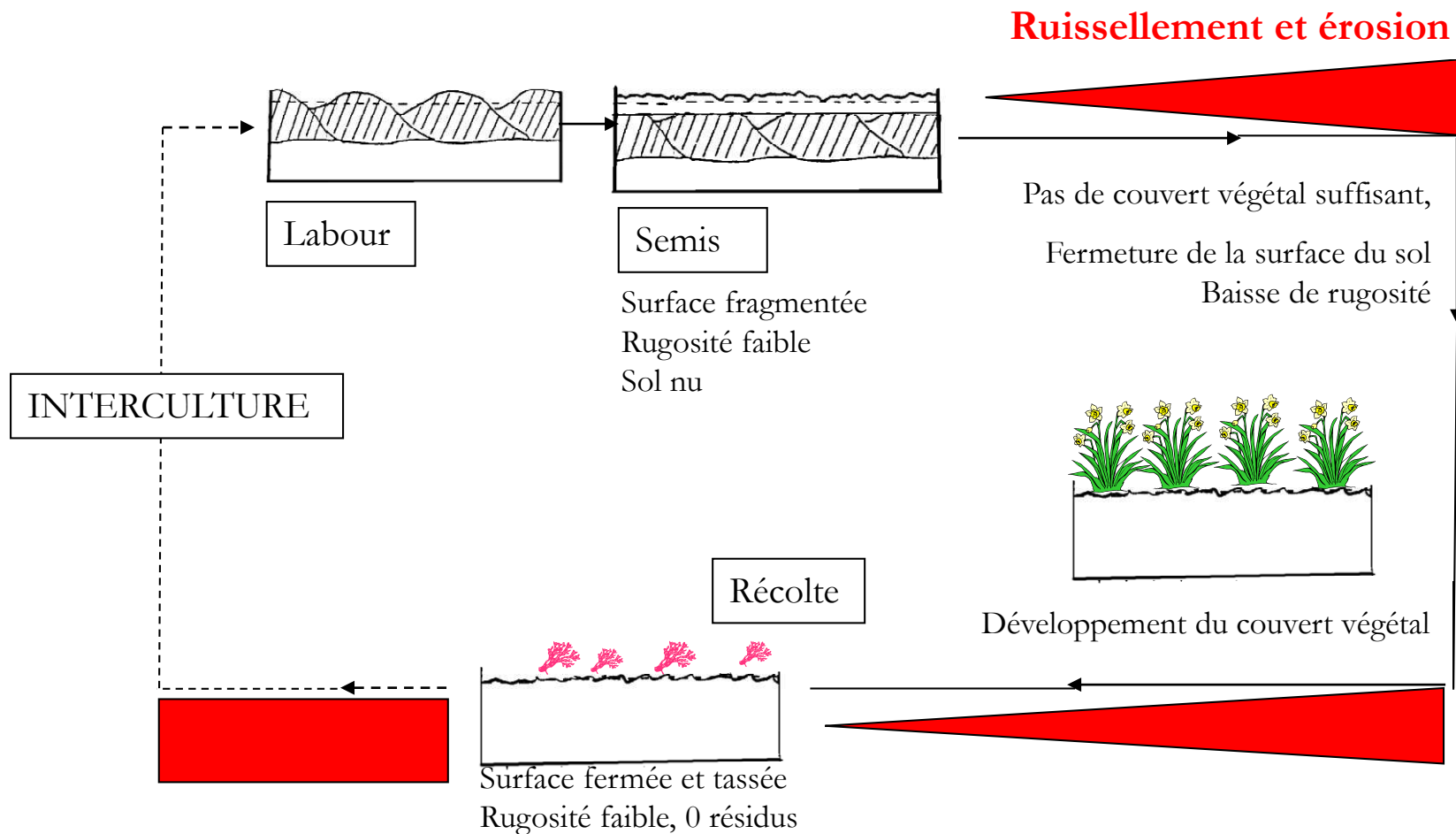
1. Couverture des sols ;
2. Sol motteux + stockage en surface;
3. Ré-infiltrer au + près des flaques;
4. « Briser » les croûtes superficielles;
5. Teneur en MO ;
6. Affectation de l'occupation du sol dans l'espace et sens de W du sol ;
7. Éviter les sols compactés (TR, CR)

Exemples d'actions :

- Semis herbes droites et pas rotatives
- Les outils de w du sol et nb de passages
- Cultures intermédiaires, RGI inter rang du maïs
- Binage , écroûtage des céréales
- Flaquage PDT et autres
- Non labour, etc.
- Polyculture élevage
- Herbe / maïs
- Où localiser l'herbe
- Succession de cultures ruisselantes et infiltrantes, assolement concerté
- Limite de parcelle pour déconnecter l'amont de l'aval
- Strip till
- Culture sous couvert
- Effaceurs de traces
- Statut des pailles

Quelles Limites à ces actions ?

Evolution cyclique des états de surface et des risques sur les terres labourées



C'est aussi une grille d'analyse des systèmes de culture.

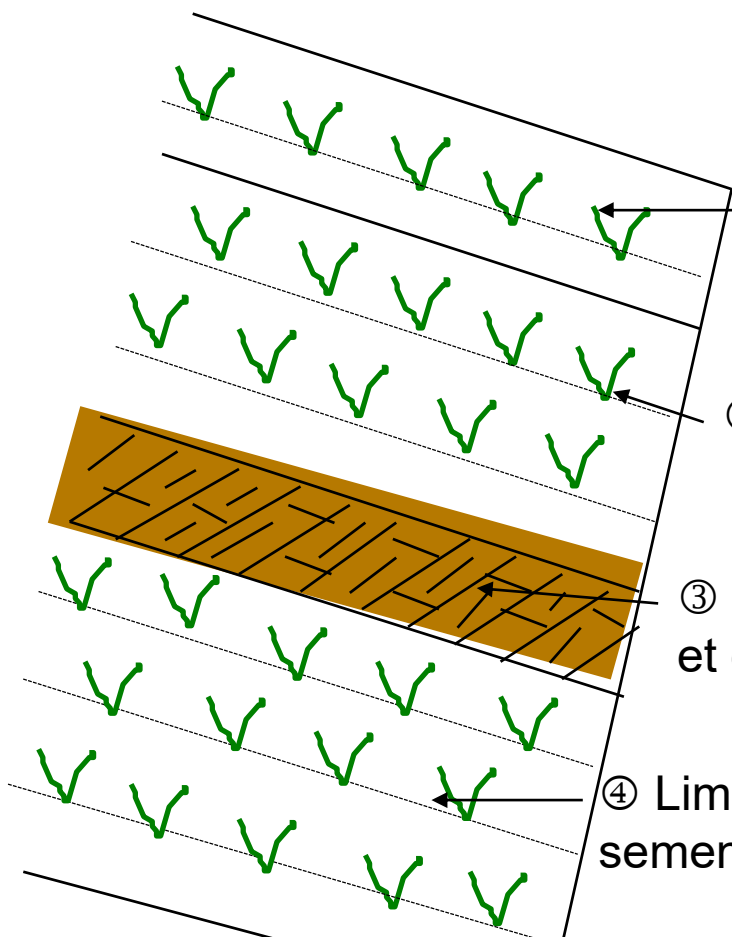
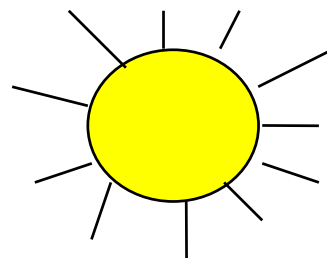


Quelles solutions agronomiques pour le système labour classique ?

Objectifs à atteindre :

- Infiltration au plus près des zones émettrices
- Réduction des ruissellements par augmentation de l'infiltrabilité et de la détention superficielle
- Réduction de l'érosion diffuse

Réduire la production de ruissellement



① Dessiccation : ralentir la vitesse de formation des croûtes

② Re-fragmenter les croûtes

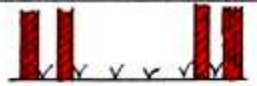
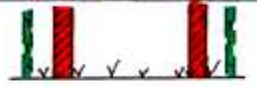
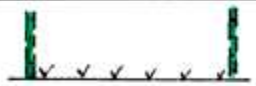
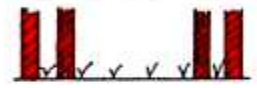
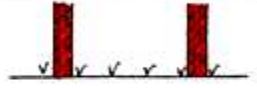
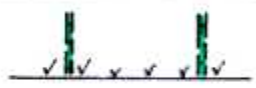

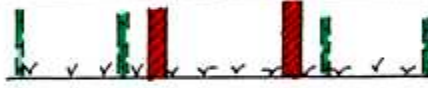

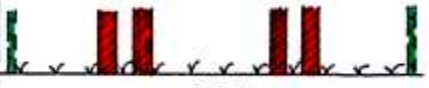
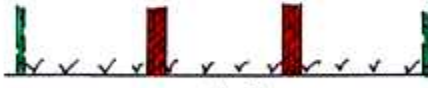

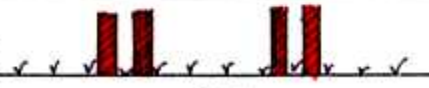
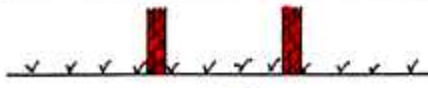

③ Réduire les tassements et empreintes de roues



④ Limiter l'affinement du lit de semence

Préserver l'infiltration

Favoriser la détention superficielle

Effet de semoir et des équipements sur le % de traces de roues à la surface du sol - Culture sarclée

TYPE DE SEMOIR	Nombre et position des roues du semoir/tracteur	Pourcentage de traces de roues à la surface du terrain		
		Tracteur roues jumelées	Situation classique	Avec griffage des traces de du tracteur
6 rangs 2,70 m	2 roues décalées	 33 %	 28 %	 5,5 %
	2 roues superposées	 33 %	 22 %	 11 %
12 rangs 5,40 m	4 roues décalées	 25 %	 19,5 %	 8,5 %
	2 roues décalées et 2 roues superposées	 25 %	 14 %	 8,5 %
	2 roues superposées	 22 %	 11 %	 5,5 %

Largeur moyenne des roues : 0,30 m pour le tracteur  ; 0,15 m pour le semoir 

Réduire la production de ruissellement

Période d'interculture

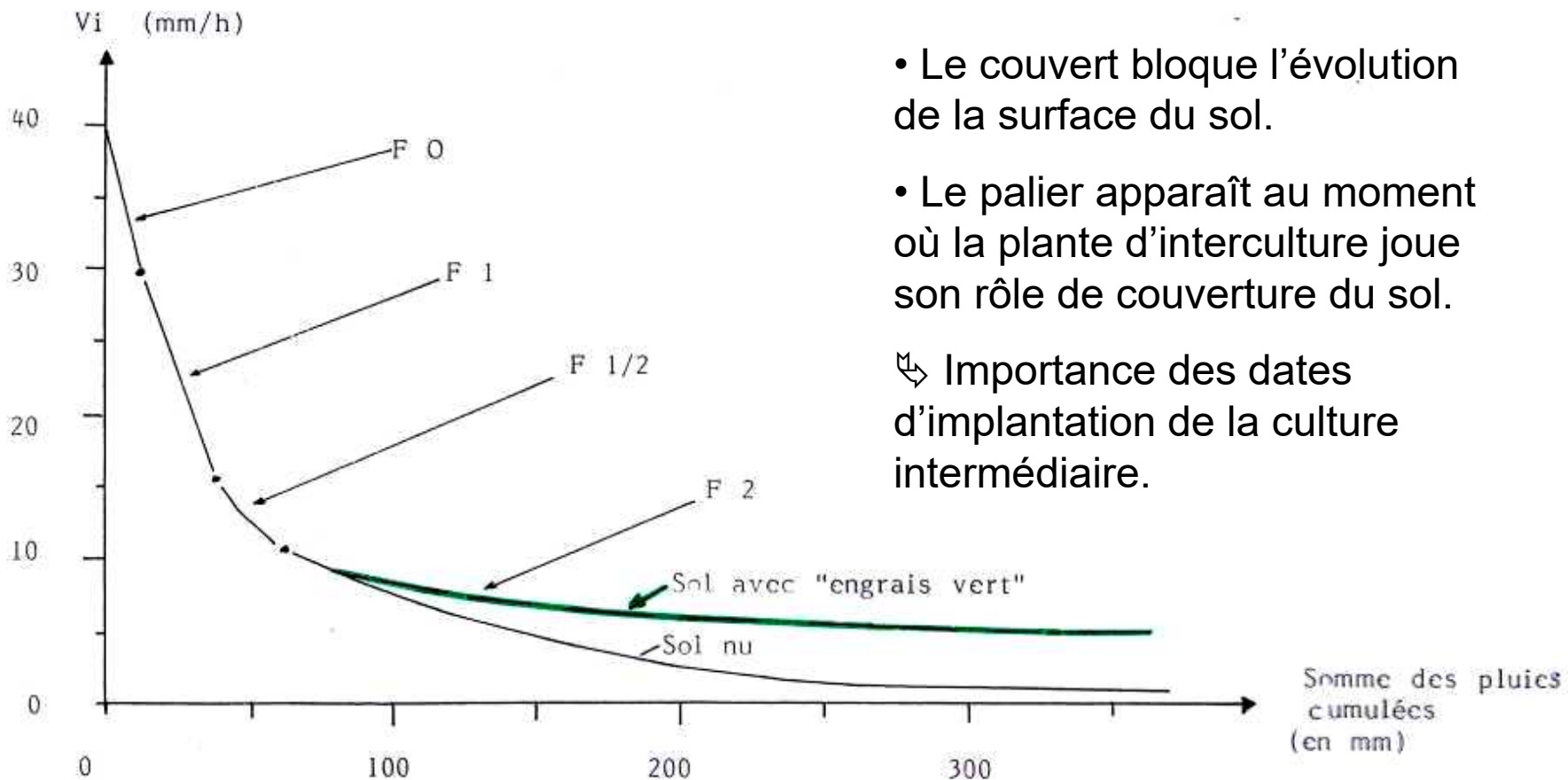




Effet d'un mulch de résidus à la surface du sol pour éviter la formation de la croûte de battance, préserver les pores existants, favoriser l'activité des lombrics et finalement réduire les ruissellements et l'érosion des terres sous culture de betterave sucrière.



Effet schématique des couverts sur l'infiltrabilité du sol, en fonction de la somme de pluies cumulées



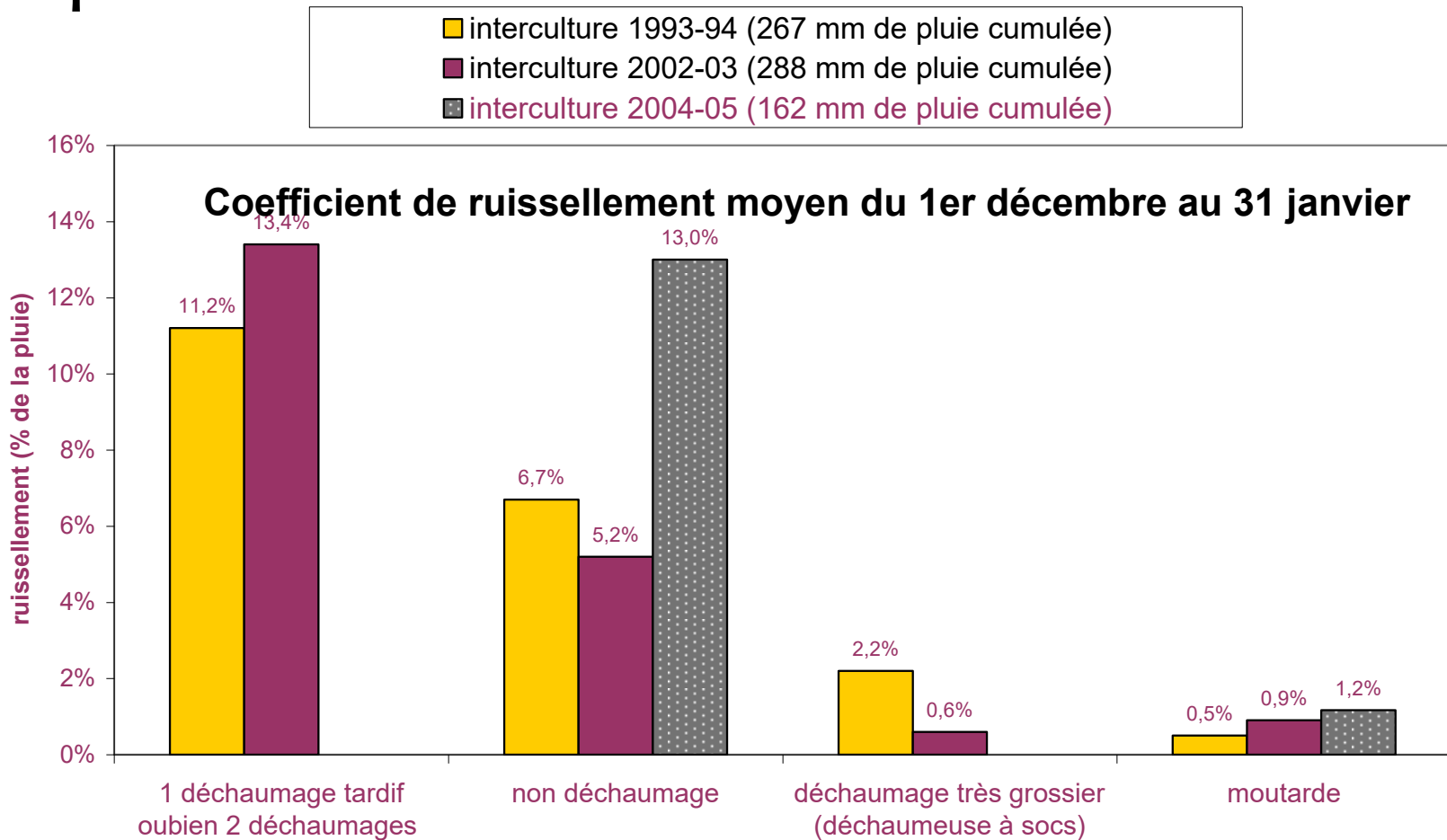
- Le couvert bloque l'évolution de la surface du sol.
 - Le palier apparaît au moment où la plante d'interculture joue son rôle de couverture du sol.
- ⇒ Importance des dates d'implantation de la culture intermédiaire.

V_i = vitesse d'infiltration de la lame d'eau superficielle

F0, F1, F1/2, F2 : phases de l'état de surface du sol

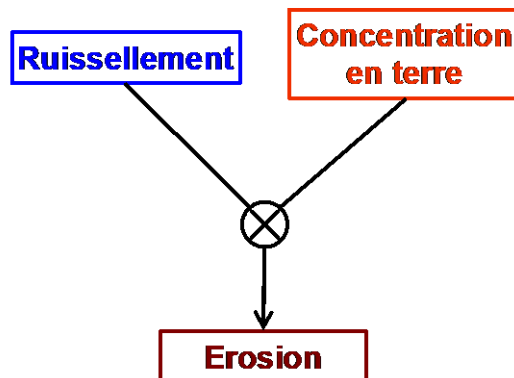
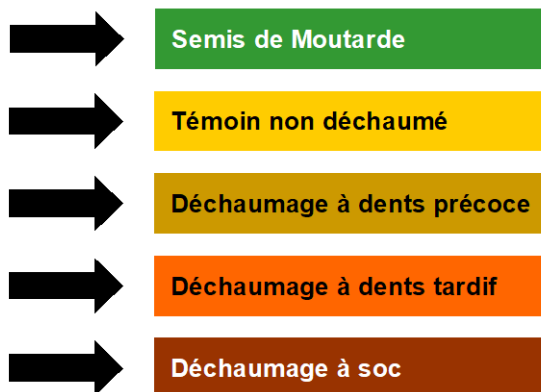
Déchaumage et implantation de cultures intermédiaires

Impact sur le ruissellement

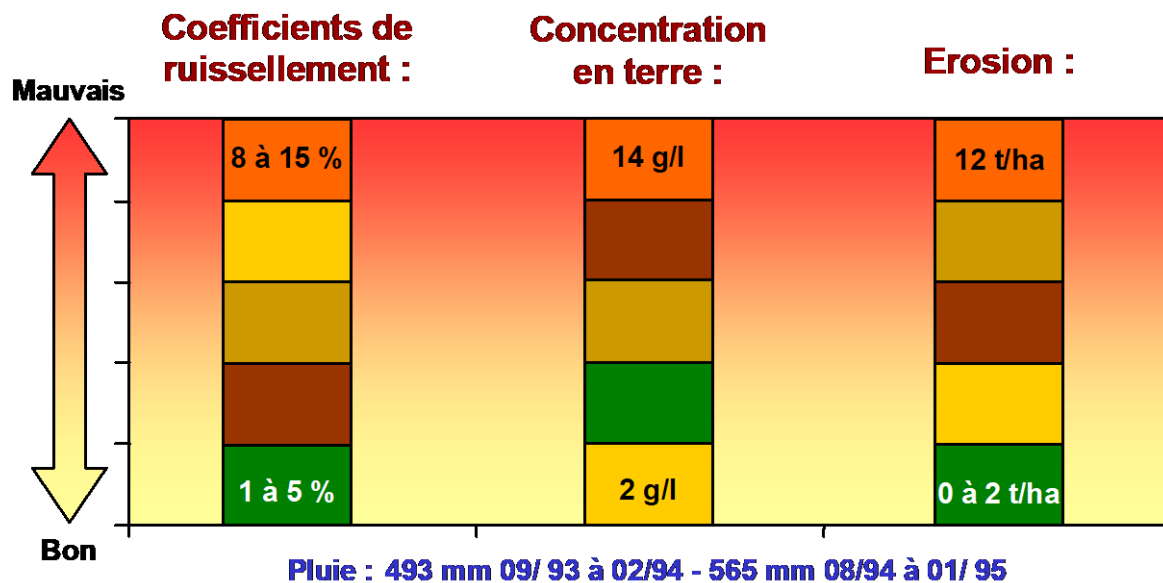


Déchaumage et implantation de CI

Conduites comparées :



Classement des conduites :



Source : synthèse du groupe haut normand des expérimentations sur les pratiques culturales pour la maîtrise du ruissellement et de l'érosion des sols, 2006

Intervention conseillée en fonction de la durée et du positionnement de la période d'interculture

Récolte été	Récolte automne	Semis automne	Semis printemps	Culture intermédiaire	Déch. à socs	Déch. à dents
	←————→	————→			++	+
	←————→					++
		←————→		+ -	++	+
		←————→		+		

Légende :

+++ : lutte efficace contre le ruissellement sur l'ensemble de la période considérée

++ : lutte efficace sur une partie de la période considérée

+ : effet limité sur le ruissellement

+ - : effet aléatoire en fonction des conditions climatiques

Réduire la production de ruissellement

Cultures d'hiver



Pratiques culturales pour limiter le ruissellement : semis d'automne

Etat de Surface Idéal au Semis :



Evolution après des pluies hivernales :



L'excès de terre fine est à proscrire

- Forte proportion de mottes de 10 à 30 mm
- Espaces entre les mottes : micro flaques
- Les mottes < 10 mm ont fondu et se sont soudées
- Les plus grosses maintiennent une porosité et une rugosité en surface
- pas d'effet de la vitesse de rotation de la herse rotative : trop de terre fine .

L'impact du couple « tracteur - combiné de semis »

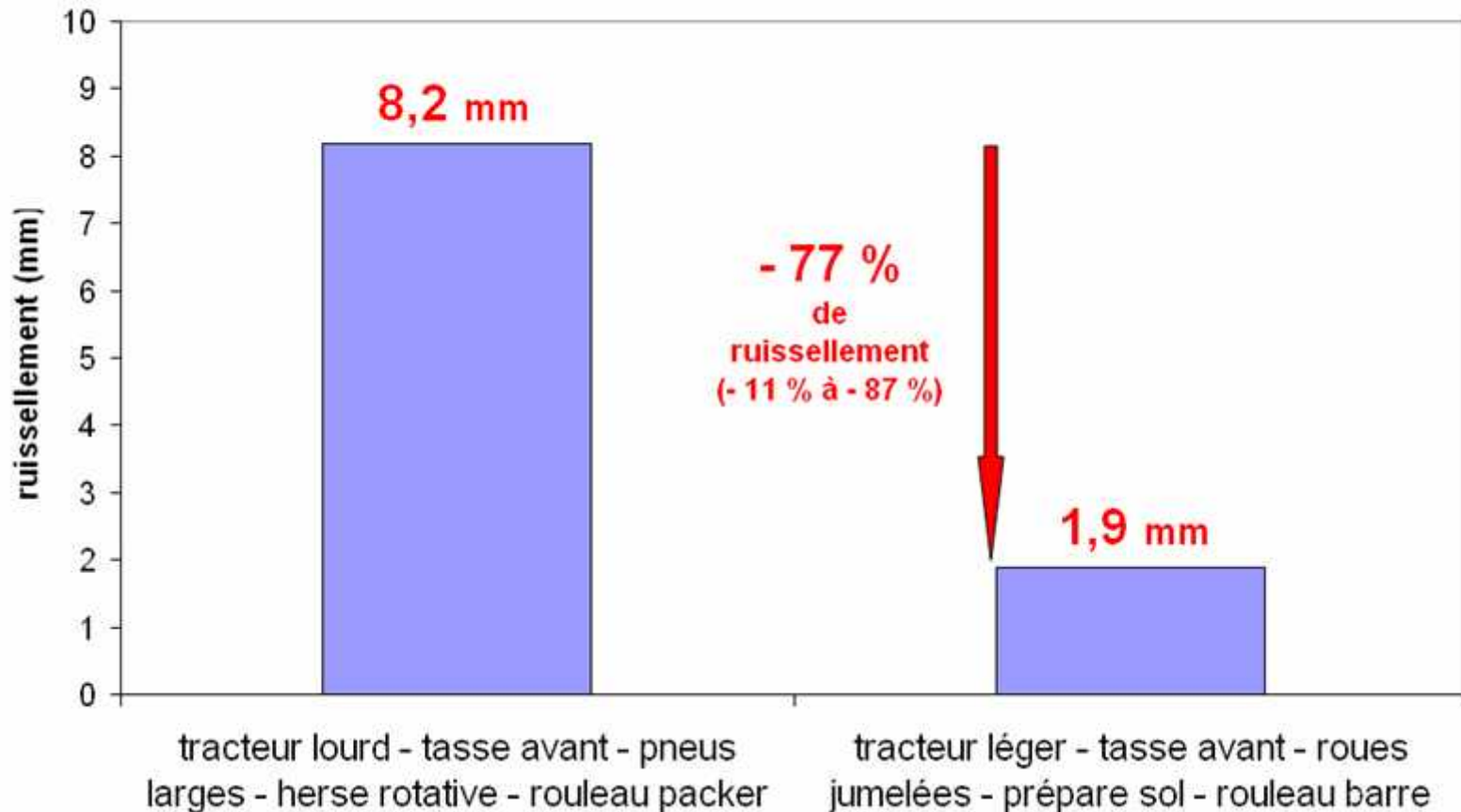


tracteur lourd
tasse avant
roues larges
herse rotative (animé)
+ rouleau packer



tracteur léger
tasse avant
roues jumelées
prépare sol (non animé)
+ rouleau barre

Comparaison des ruissellements sur l'ensemble des mesures



Écroûtage du blé



Etats de surface

mi-mars



Passage de
herse étrille



Passage de
houe rotative



0,5 m



0,5 m



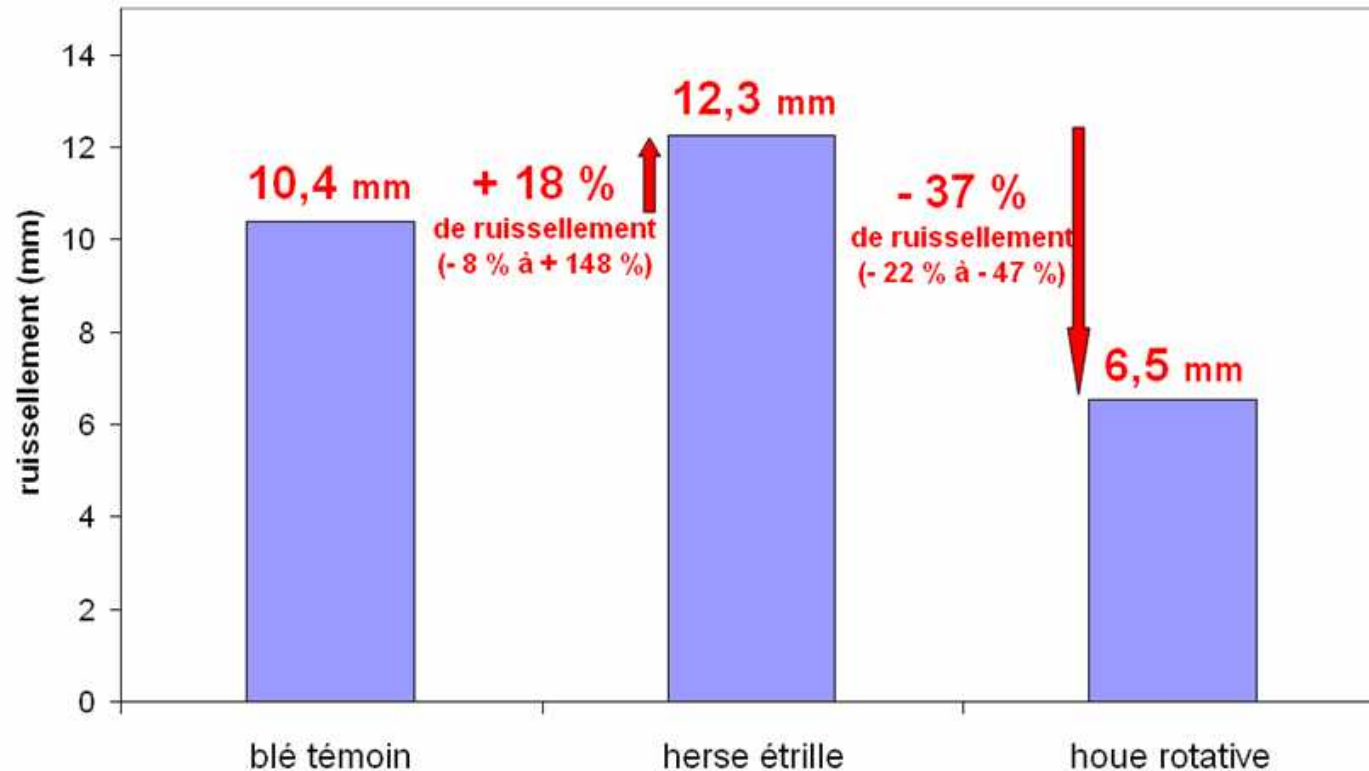
0,5 m

témoin sans écroûtage

herse étrille

houe rotative

Ecrouûtage du blé, impact sur le ruissellement



Conclusions de 3 ans d'essais de houe rotative

- ▶ Pas de \neq de rendement si intervention en bonnes conditions (humidité de sol, profondeur de travail, stade)
- ▶ Débit de chantier intéressant

Réduire la production de ruissellement Cultures de printemps



Culture de Printemps : Betteraves



Objectif : affiner la terre sur une largeur de 10 cm seulement (le rang de semis) et laisser l'inter-rang motteux

Outils de préparation en lisé sur le rang (skillettes)

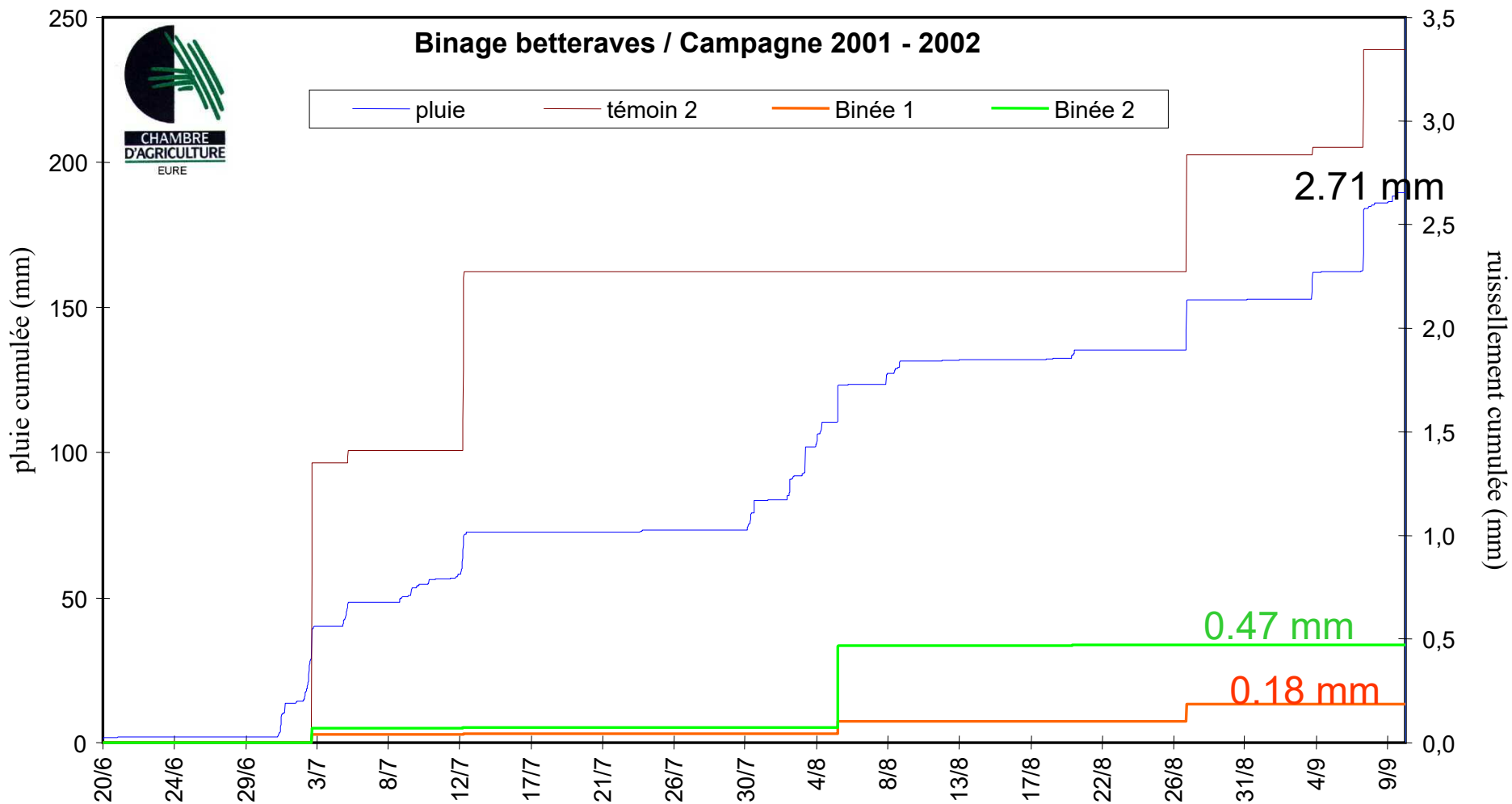


Le binage : A pratiquer juste avant la couverture de l'inter-rang par les feuilles, afin que la rugosité créée par le binage soit protégée.

Ne recrée pas plus de mottes qu'à l'origine.

Limites : inefficace en début de saison ²⁴ AREAS

Culture de Printemps : Betteraves

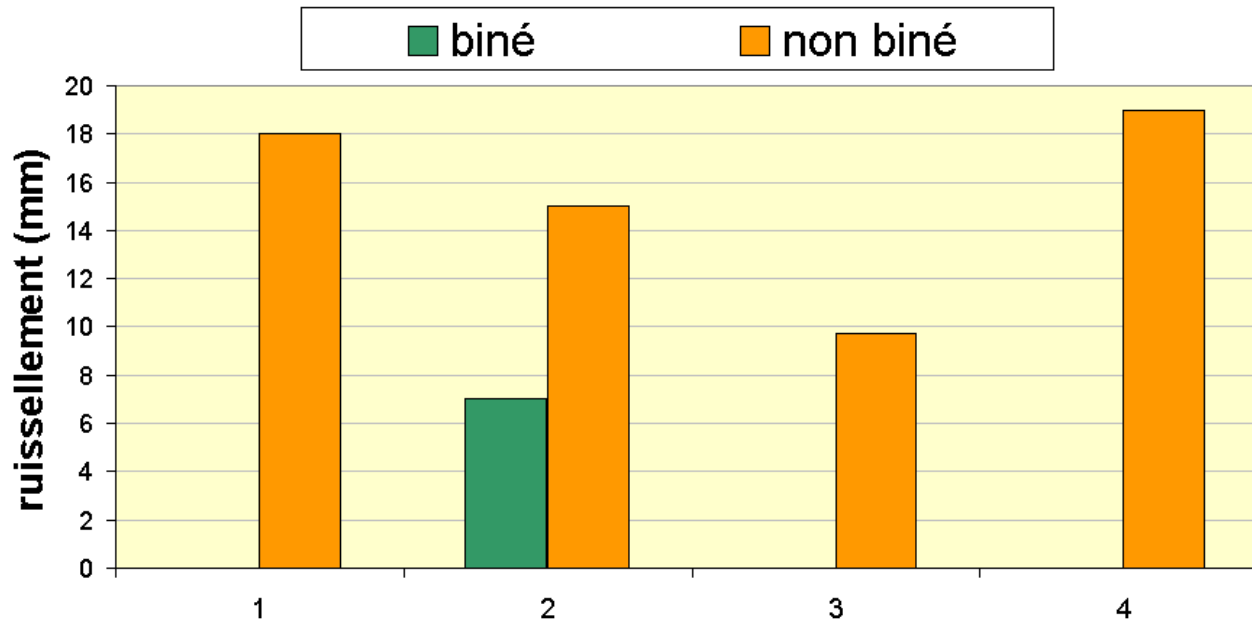


Culture de Printemps : Maïs

Incidence sur les ruissellements



Comparaison des ruissellements sur maïs biné et non biné
simulations de pluie AREAS-juin 2005
(pluies d'env. 30 mm/h pendant 1 h)

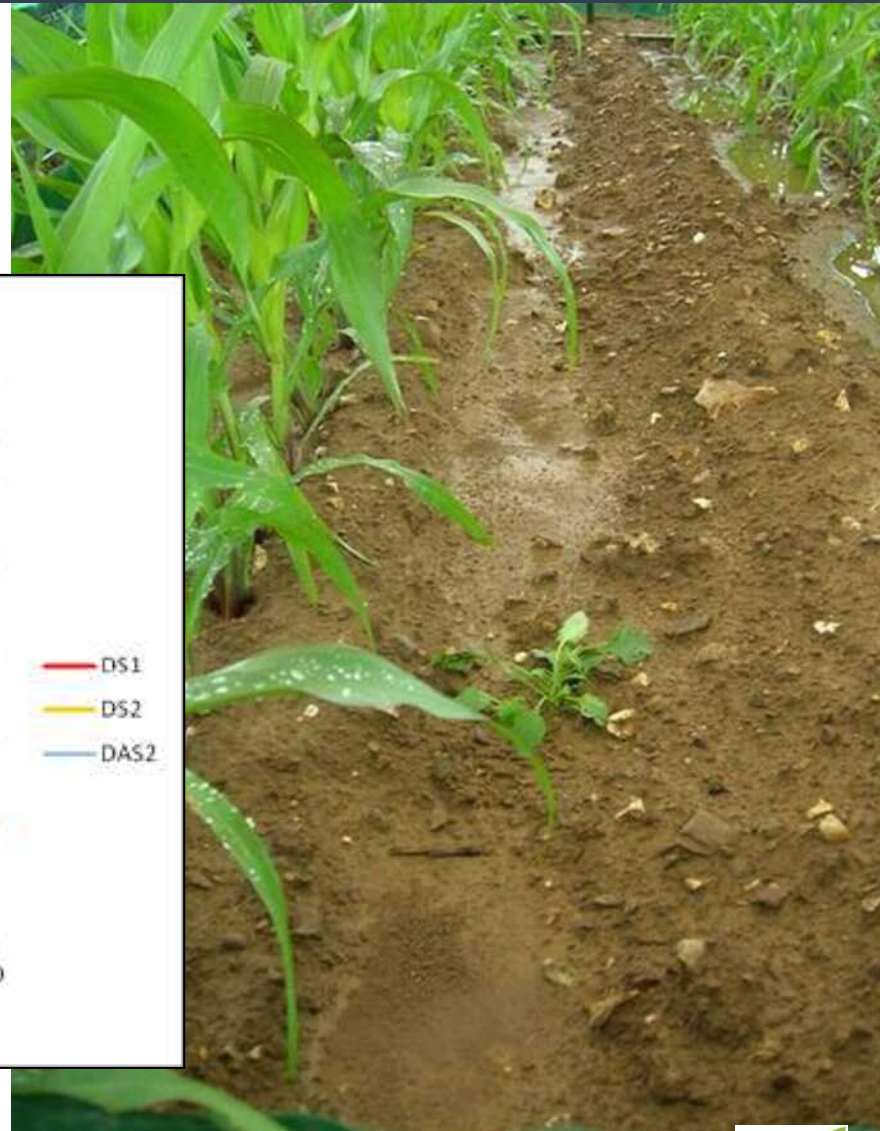


Culture de Printemps : Maïs

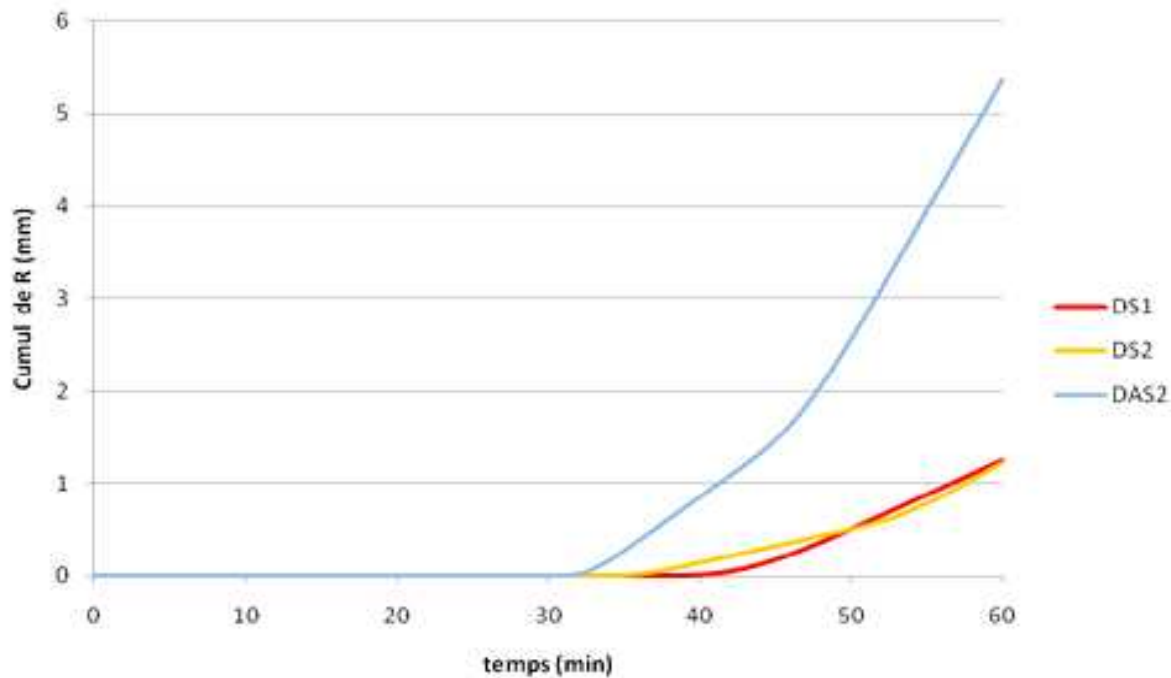


Culture de Printemps : Maïs

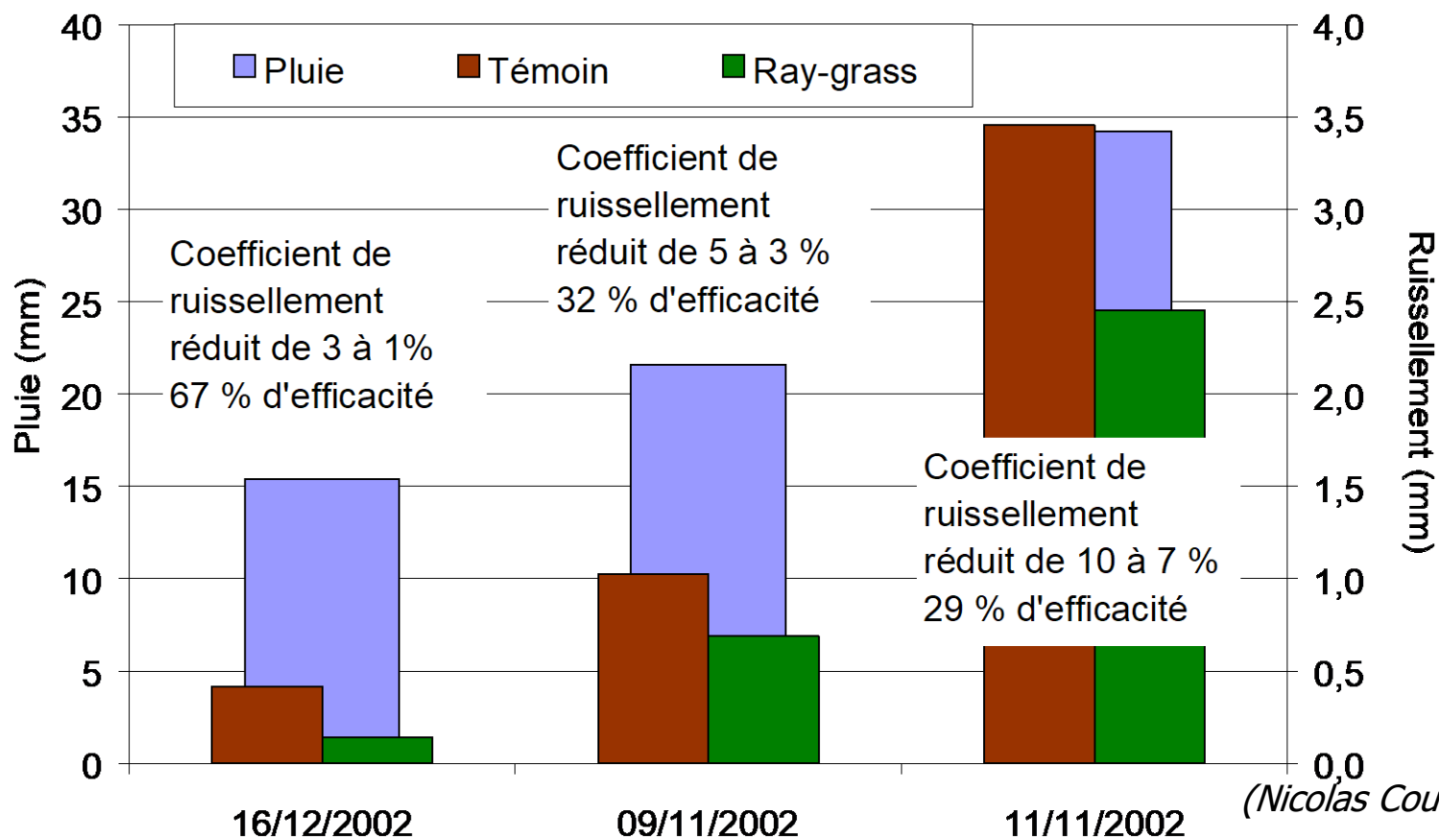
Projet : Essai de création de flacage dans les maïs.



Lames ruissellées des motifs parfaits



Semis de Ray Grass sous maïs : Effet du couvert de ray-grass après ensilage



(Nicolas Coufourier, 2003)

Culture de Printemps : Pomme de Terre



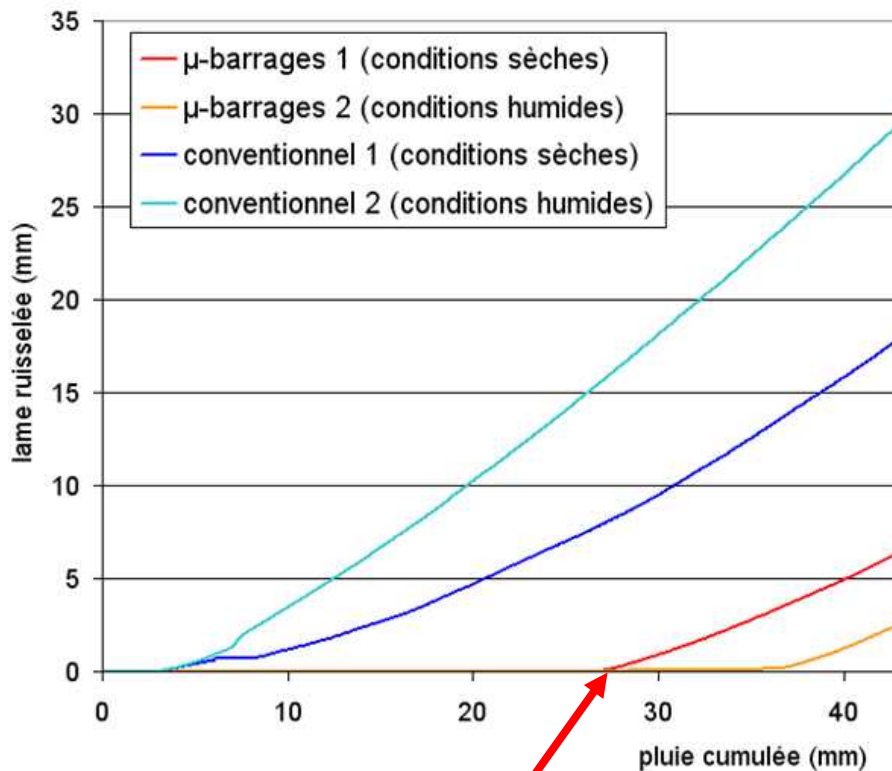
Culture de Printemps : Pomme de Terre

Créer des petits barrages dans l'inter rang



Technique développée à partir d'un prototype allemand et adaptée localement

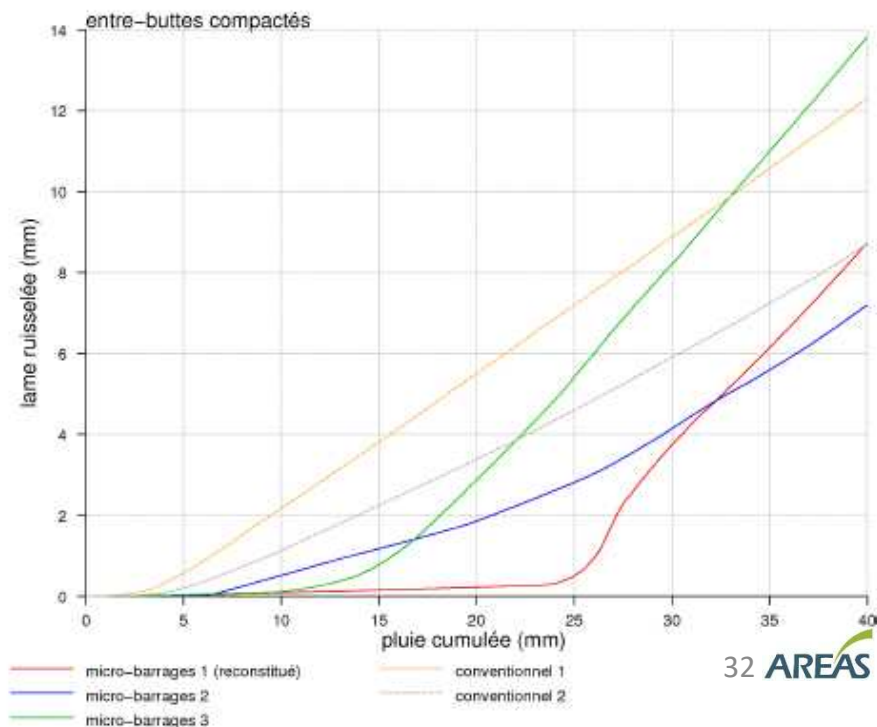
Culture de Printemps : Pomme de Terre



Résultats 2005

Capacité de stockage d'un excès d'eau en surface de l'ordre de 30 – 40 mm. Soit une possibilité de tamponner un orage de 50 mm.

Résultats 2006



Culture de Printemps : Pomme de Terre

Adaptation locale de la technique

matériel susceptible d'être adapté pour équiper butteuse et planteuse de façon à constituer les micro barrages lors du buttage définitif



+ équipements complémentaires pour la récolte



Premières conclusions

- En système labour
 - Il existe des moyens de réduire les ruissellements surtout pour les pluies peu intenses
 - Mais l'efficacité dépend fortement des successions culturales, des outils et de leurs utilisations.
- Peut on améliorer l'efficacité ?
 - Concept d'agriculture « écologiquement intensive »

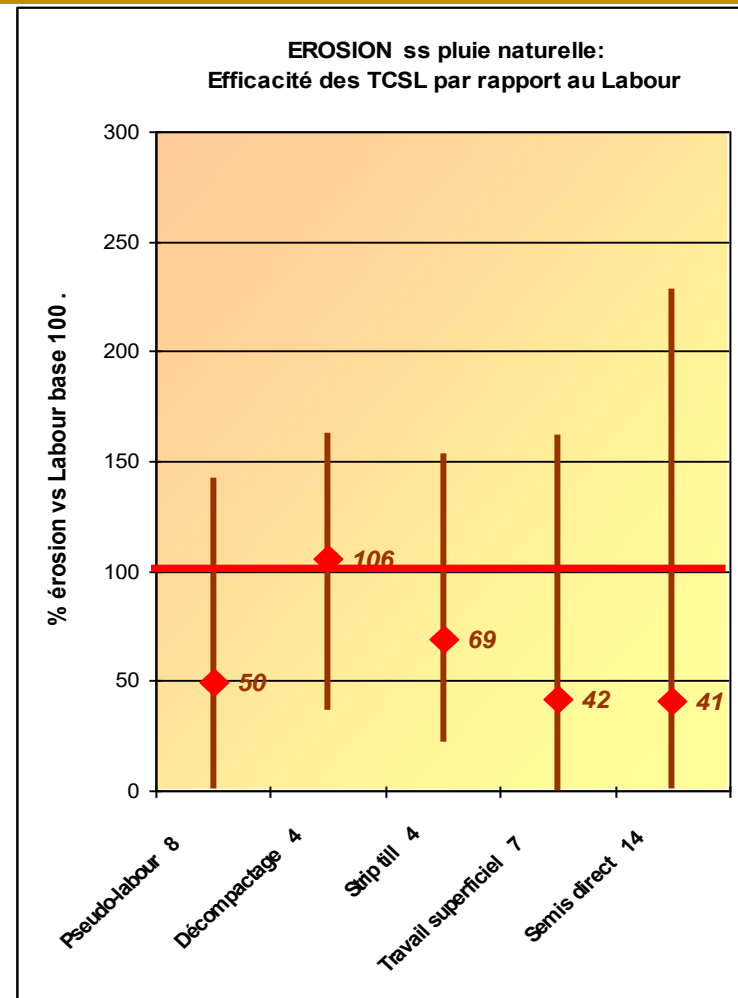
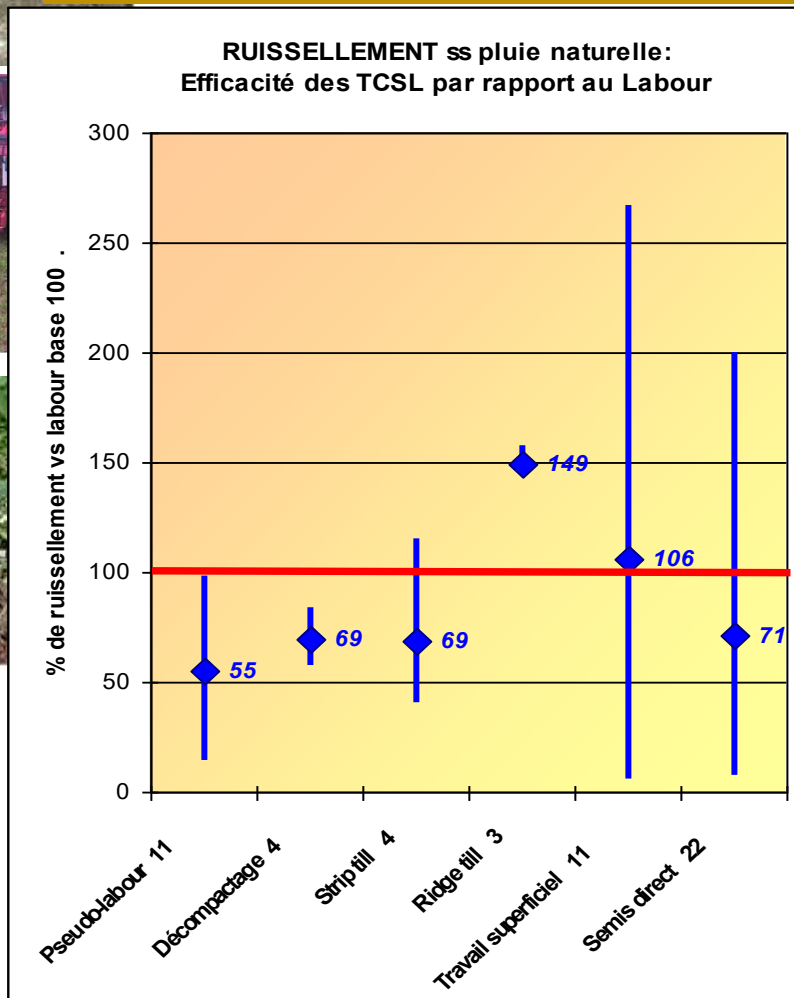


TCSL : Techniques Culturales Sans Labour

- Résultats variables . Attention !
- Beaucoup plus efficaces sur l'érosion diffuse que sur le ruissellement.
- presque toujours positifs **SI** présence de couvert >> 50% aux périodes à risque.

TCSL : Résultats en grandes cultures

22 réf. scientifiques



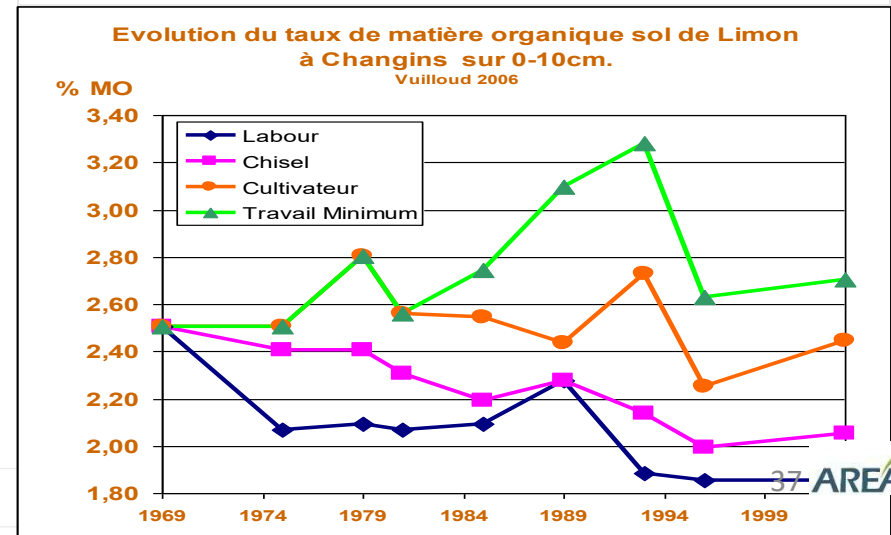
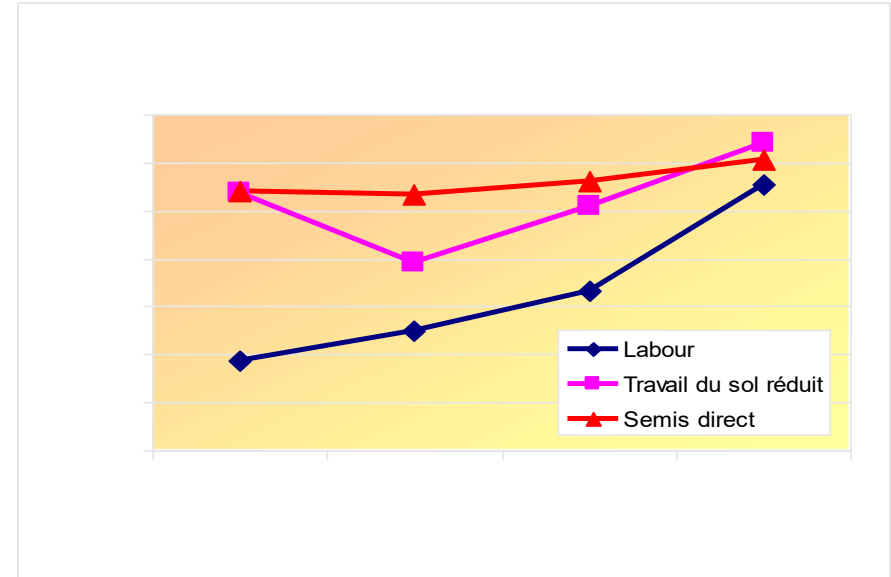
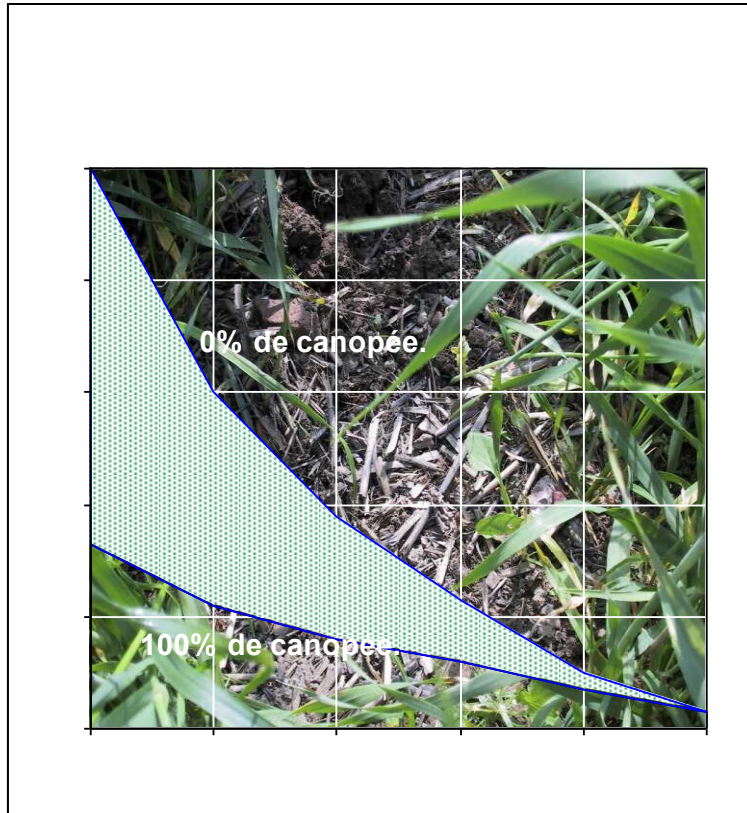
Réduction Ruissell^t: facteur 1 à 5.

Réduction Erosion: facteur 1 à 10.

TCSL :

Infiltration : Maintien d'états de surface perméables:

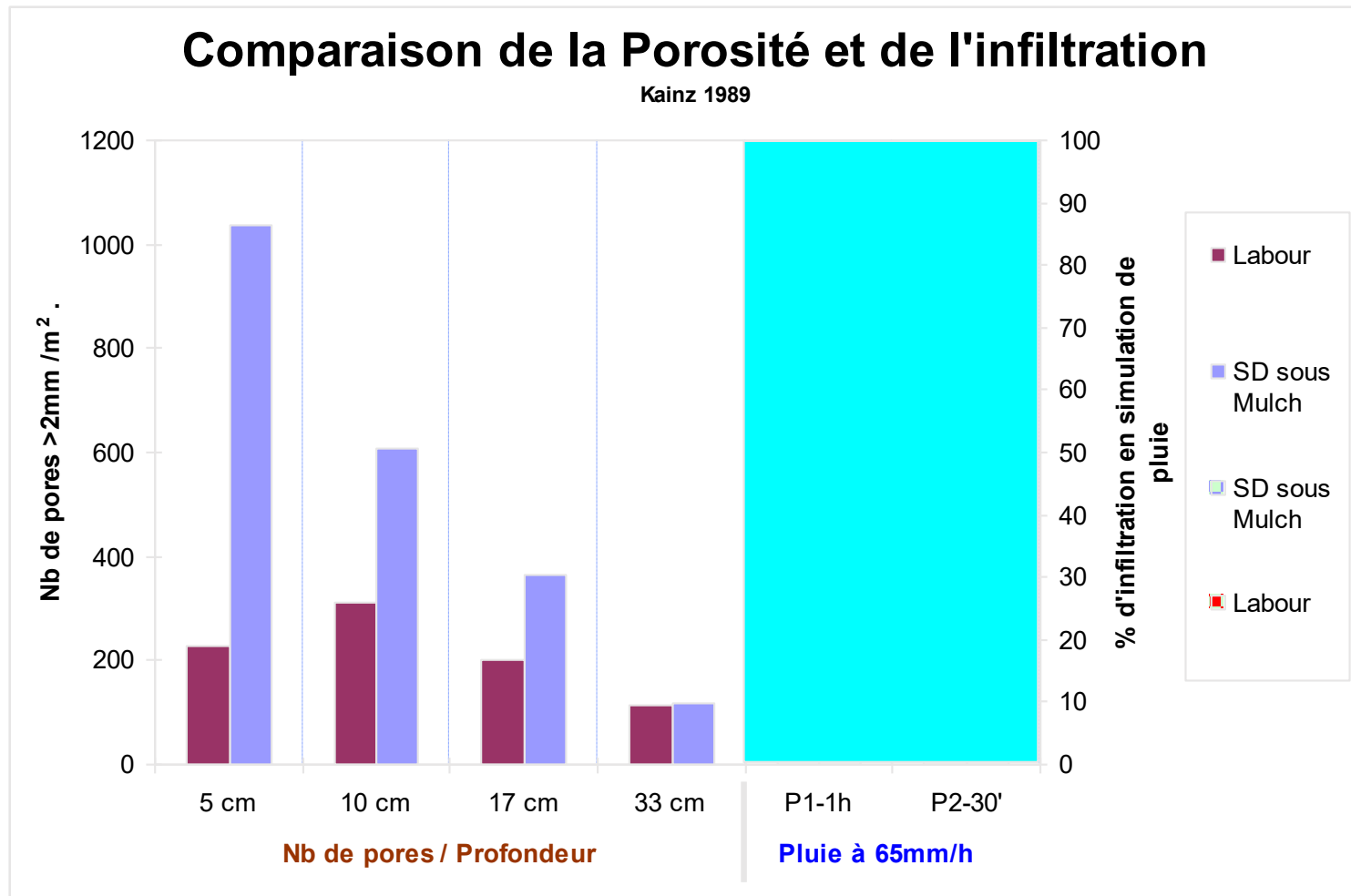
- ⇒ par la couverture du sol : Facteur Prépondérant.
- ⇒ par la stabilité structurale des agrégats.



Efficacité :
 Labour < Chisel+HR < outils à dents <
 Strip ou Ridge till < Semis direct.

TCSL :

Infiltration : Préserver la capacité de transfert vertical par une porosité continue et efficace.

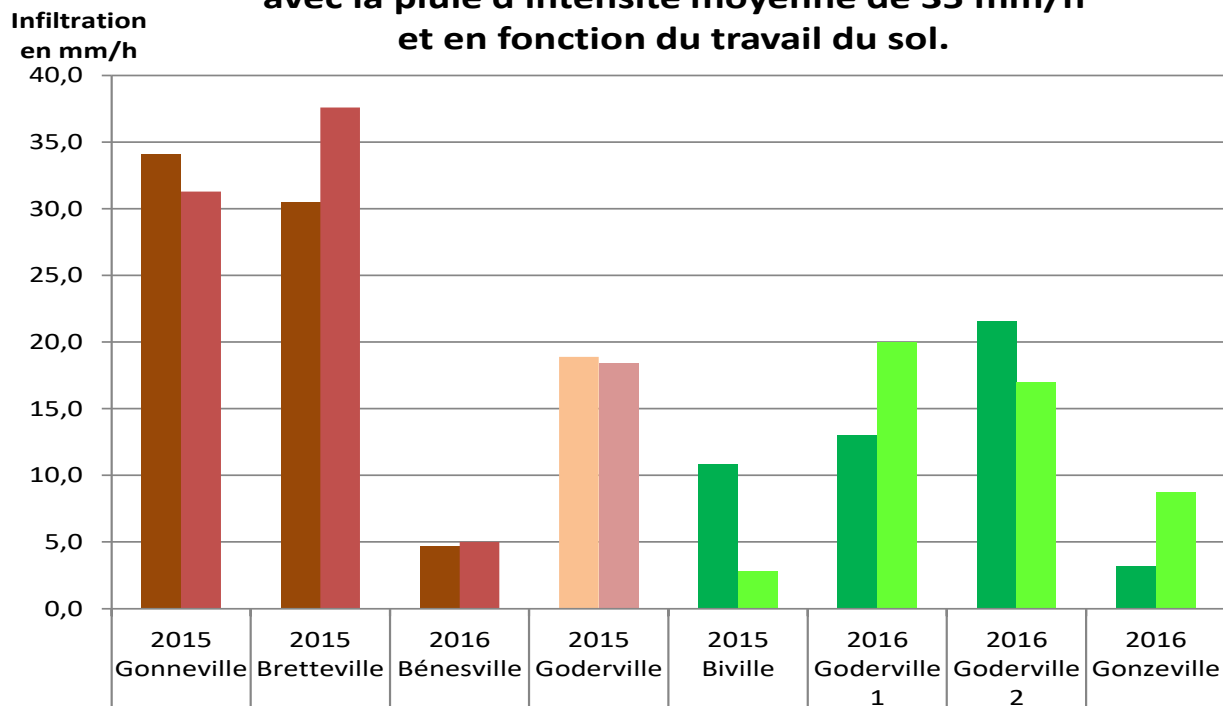


AREAS, INRA, Chambres d'Agricultures, ARVALIS, ITB, ITV.

Facteurs essentiels => Activité de la macrofaune + Ø Tassement

TCSL : Blé d'hiver semis direct sous mulch - essais AREAS-CA76

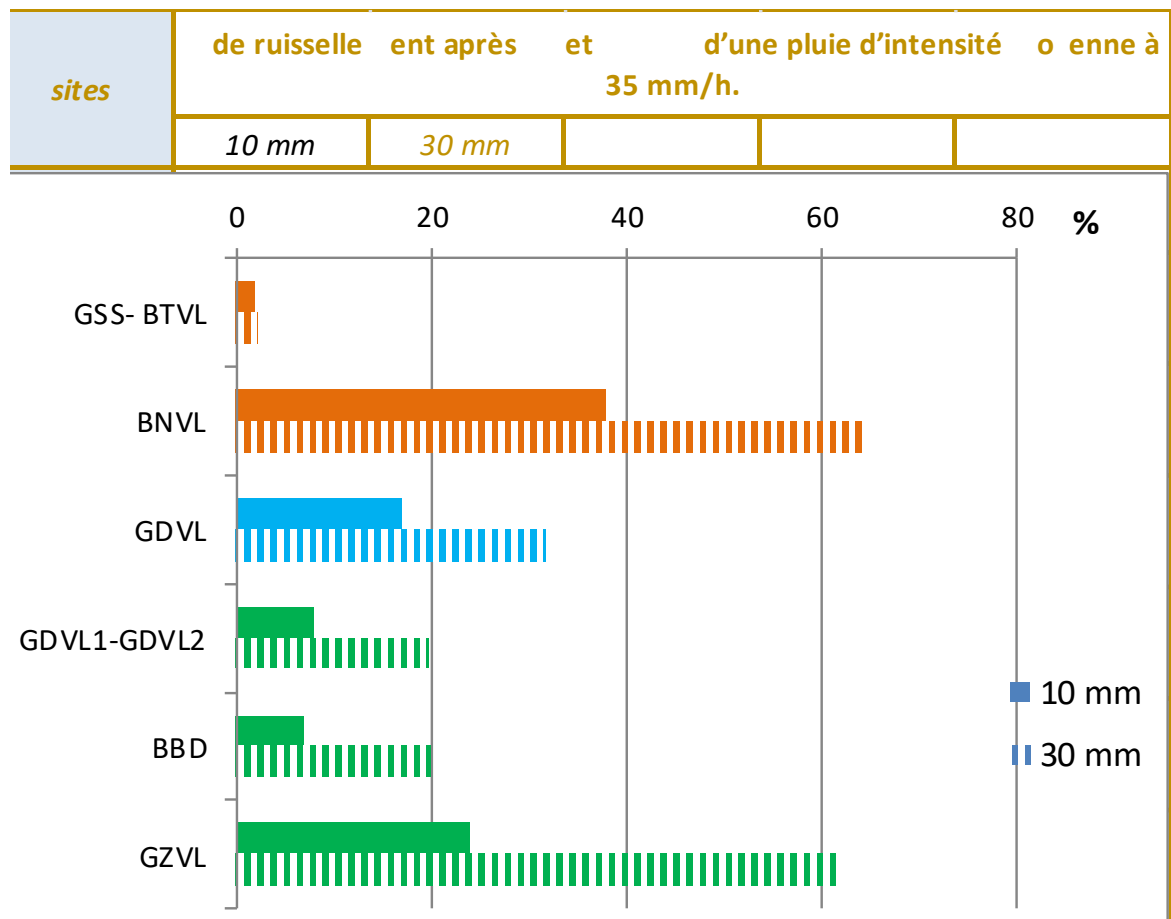
**Infiltration moyenne en régime permanent
avec la pluie d'intensité moyenne de 35 mm/h
et en fonction du travail du sol.**



Les capacités moyennes d'infiltration par site :

- 4.9 mm/h - semis après labour sur limon battant (Bénesville)
- 18.7 mm/h - travail superficiel (Goderville)
- 17.9 mm/h - semis direct sous couvert (Goderville 1&2)
- 6.8 mm/h - semis direct sous couvert (Biville)
- 6.0 mm/h - semis direct sous couvert (Gonzeville)
- Gonneville, bretteville : labours sur sols plus argileux ou anc. prairie

TCSL : Blé d'hiver semis direct sous mulch - essais AREAS-CA76



Hauteur des lames ruisselées moyennes pour une hauteur de pluie de 30 mm :

- 19.4 mm - semis après labour sur limon battant (Bénesville)
- 9.5 mm - travail superficiel (Goderville)
- 5.9 mm - semis direct sous couvert (Goderville 1&2)
- 6.0 mm - semis direct sous couvert (Biville)
- 18.6 mm - semis direct sous couvert (Gonzeville)

TCSL : Blé d'hiver semis direct sous mulch - essais AREAS-CA76

enseignements :

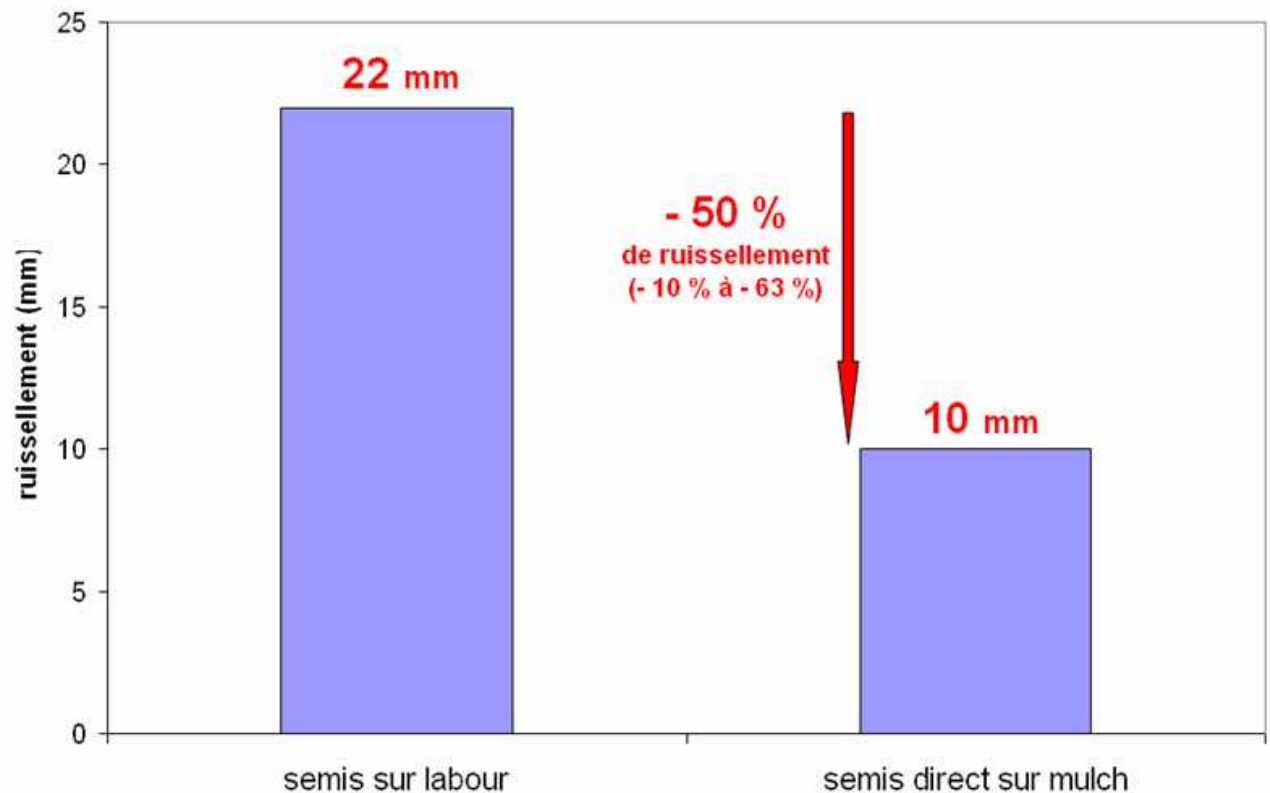
- La dynamique et l'importance des ruissellements précoces sur le semis après labour sur sol battant.
- La capacité d'infiltration moyenne élevée (15mm/h) sur les semis après un travail superficiel du sol, comme pour les semis sous couvert.
- Une forte capacité d'infiltration et des ruissellements faibles sur les semis de blé après labour.
- Sur des sols plus riches en argile et/ou en matières organiques, la rugosité des états de surface est plus élevée, la battance se développe moins, le labour efface les tassements superficiels et recrée de la porosité.



TCSL : Betteraves : semis direct sous mulch - essais ITB



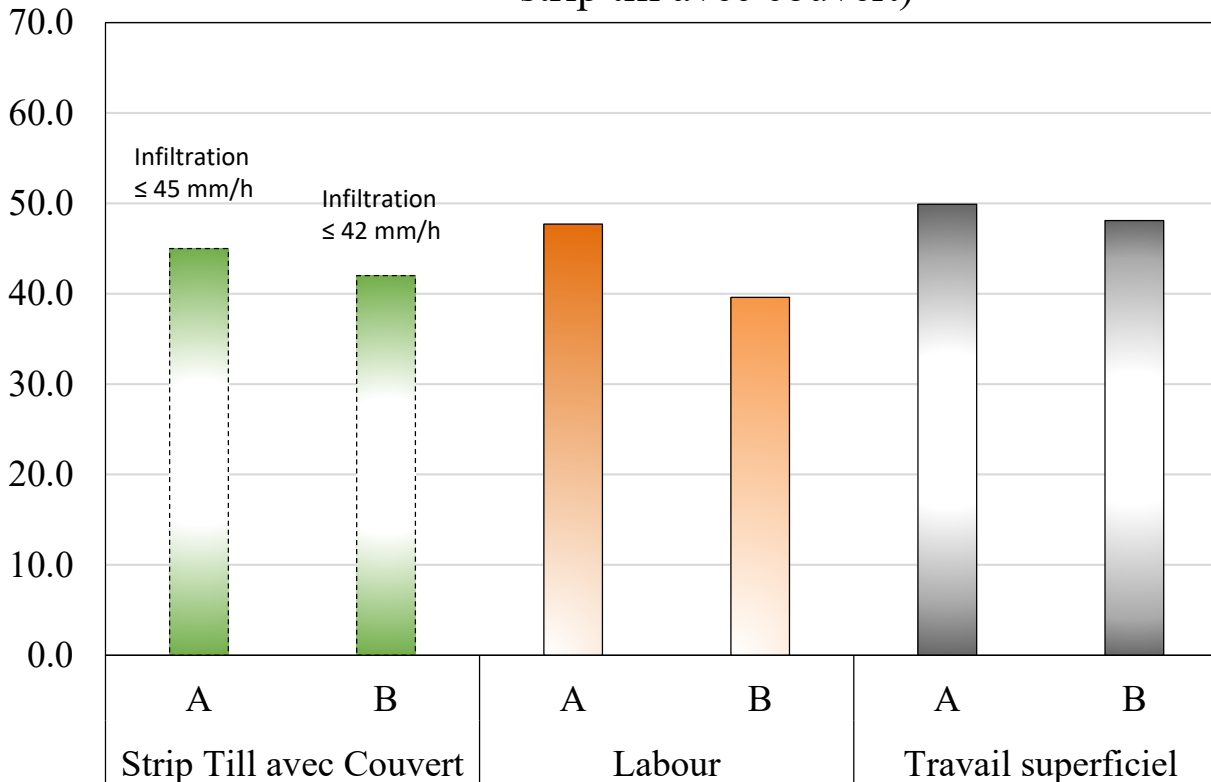
Impacts sur le ruissellement



TCSL : Betteraves : semis direct sous mulch - essais AREAS CA76

**Infiltration lors du regime permanent* pour la
pluie sur sol sec à 58 mm/h en fonction du type de
travail du sol (* non atteint pour les placettes en
strip till avec couvert)**

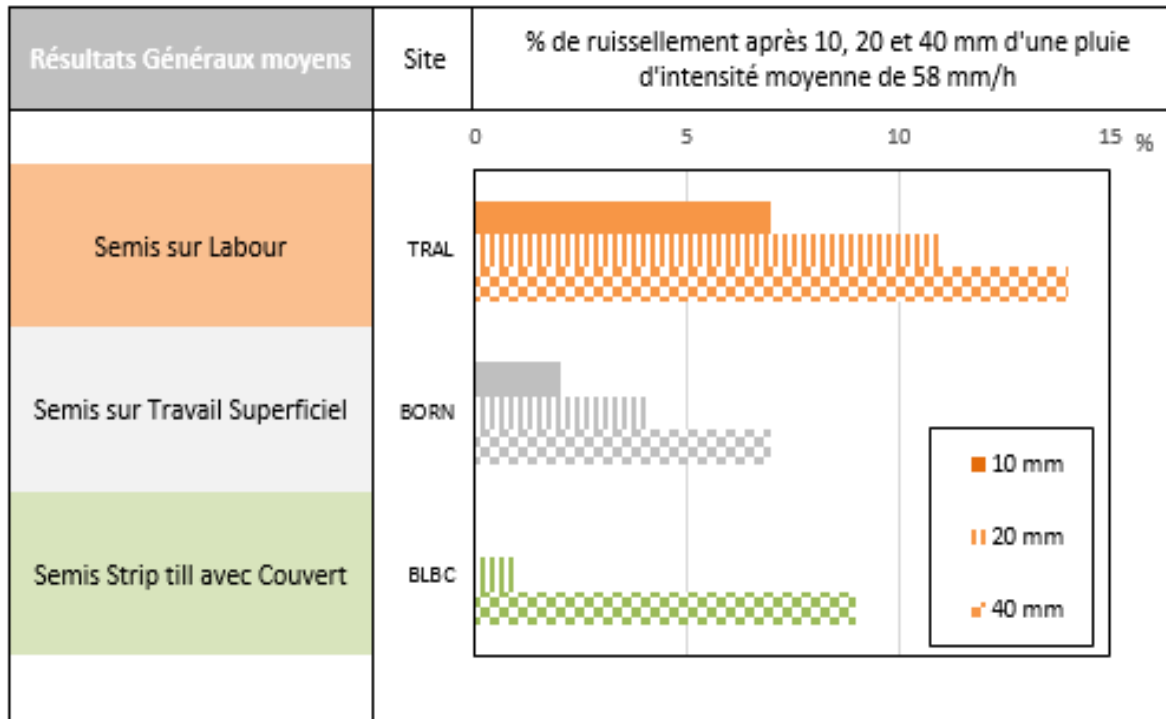
Infiltration à
saturation
(mm/h)



**Les capacités moyennes
d'infiltration à saturation**

- par site sont fortes :
- 44 mm/h - semis après labour
- 49 mm/h - travail superficiel
- ≤ 42 mm/h - semis au Strip Still avec couvert

TCSL : Betteraves : semis direct sous mulch - essais AREAS CA76



**Hauteur des lames
ruisselées moyennes
pour une hauteur de
pluie intense de 20
mm :**

- 5.9 mm - semis après labour
- 0.8 mm - travail superficiel
- 0.25 mm - semis au Strip Till avec couvert

TCSL : Semis direct de maïs sous mulch de moutarde

Objectif : conserver un mulch sur l'inter-rang



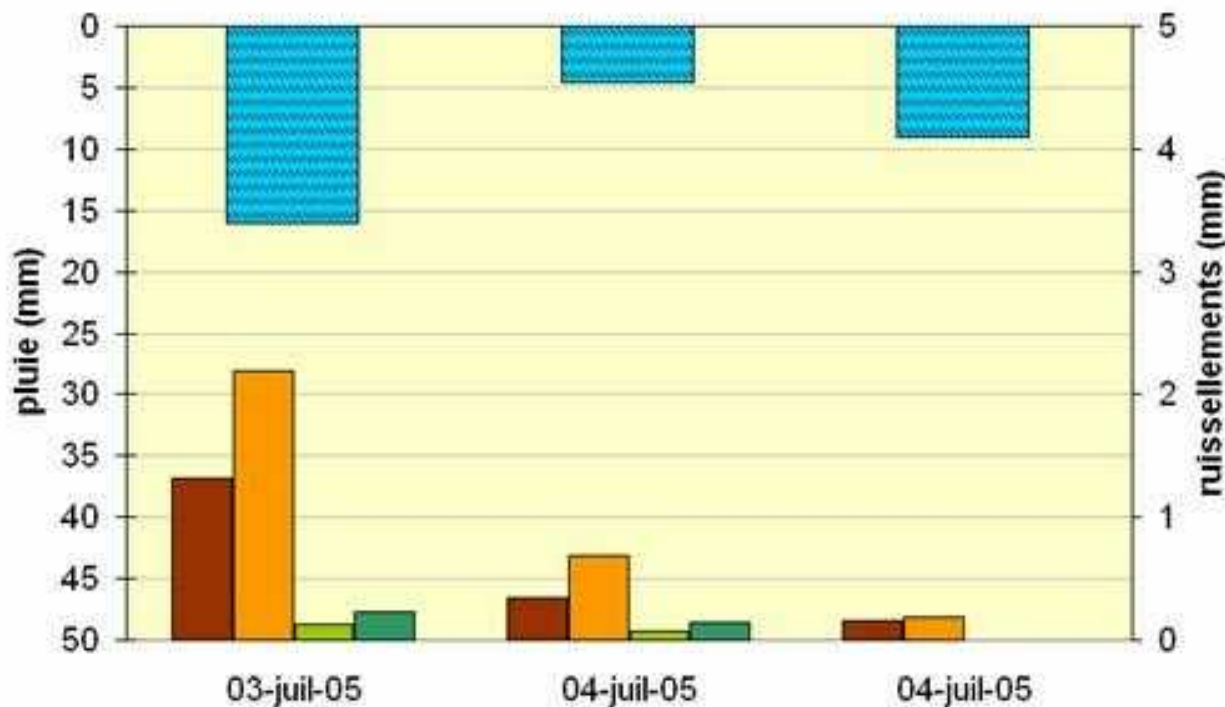
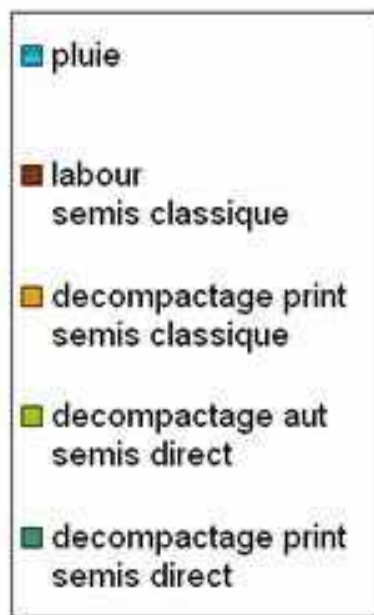
Semis classique
sur labour de printemps



Semis direct sous mulch
(décompactage d'automne)

TCSL : Semis direct de Maïs sous mulch de moutarde : Incidence sur les ruissellements

pluie et ruissellements correspondants
(pour les principales pluies ruisselantes)



intensité de la pluie :	17 mm/h	14 mm/h	8 mm/h
pluie des dernières 24 h :	< à 1 mm	18 mm	23 mm
pluie cumulée depuis le semis :	99 mm	117 mm	122 mm

TCSL : Billonnage avec le strip till / maïs



Objectif : conserver un mulch sur l'inter-rang

TCSL : Bilan

le risque de ruissellement sur une exploitation évolue semaine après semaine en fonction :

- du travail du sol, sous tous ses aspects,
- du développement du couvert,
- De la pluviométrie,
- Des successions de cultures

Exemple de méthode d'analyse du risque de ruissellement lié à un système de culture.

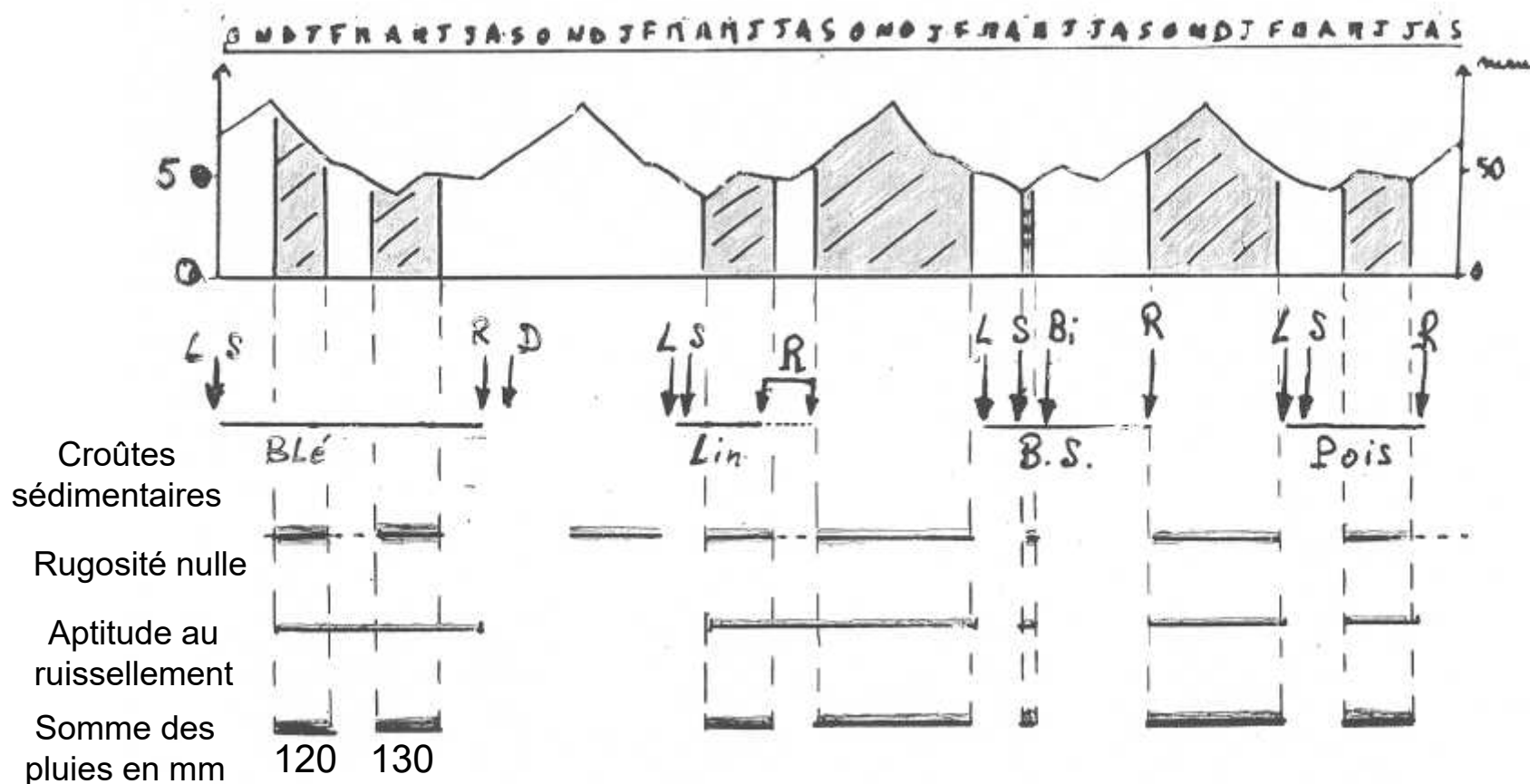


Effet des système de culture

Analyse du risque de ruissellement dans une rotation culturale



Sensibilité au ruissellement d'une parcelle au cours d'une année.



Comparaison des risques de ruissellement pour différents types de succession culturale

Dénomination du type d'exploitation	Assolement sur le plateau (1)										Types de successions fréquentes	ΣP (mm) tombée en moyenne pendant un an au cours des périodes où l'aptitude au ruissellement prend les notes : (1)		Importance relative des intercultures d'hiver après récolte d'automne			
	Céréales		Betterave		L	P	PT	Lég.	ME	RGI 18 mois (DER)		2 et 3	3 seulement				
Système traditionnel	50	< 25	≤ 17	Faible	0	0	Faible	0	0		BS ME	HI — Esc — L	BS P	BI	255 30 %	35 4 %	1/6 ans
Système de grande culture avec peu de main-d'œuvre																	
Système intensif à cultures de vente																	
Système intensif laitier avec cultures de vente																	
Système intensif laitier sans cultures de vente																	

Comparaison des risques de ruissellement pour différents types de succession culturale

Dénomination du type d'exploitation	Assolement sur le plateau (1)										Types de successions fréquentes	EP (mm) tombée en moyenne pendant un an au cours des périodes où l'aptitude au ruissellement prend les notes : (1)		Importance relative des intercultures d'hiver après récolte d'automne	
	Céréales		Betterave		L	P	PT	Lég.	ME	RGI 18 mois (DER)		2 et 3	3 seulement		
	Bl	Esc	BS	BF											
Système traditionnel	50	< 25	≤ 17	Faible	0	0	Faible	0	0	BS ME	Hi - Esc - L - P	255 30 %	35 4 %	1/6 ans	
Système de grande culture avec peu de main-d'œuvre	30	15	15	15	0	0	0	0	0	BS - Bl - P - Bl - L - Bl		170 20 %	20 2 %	0/6 ans	
	50	20	20	30						BS - P - Bl - L - P - Bl		300 36 %	75 9 %	2/6 ans	
Système intensif à cultures de vente	25	25			15	0		0	0	BS	PT Lég P	Bl - L - BS - Bl	315 37 %	110 13 %	2/6 ans
	30	30			25	10				BS - Bl	Lég P	BS - PT - Bl - L - PT	380 45 %	175 20 %	4/8 ans
Système intensif laitier avec cultures de vente	25	10			≤ 15	Event.	0	0	20	BS	ME	ME	165 19 %		1,5/4 ans
	30	25							50	ME	L	BS - Bl - ME - P - Bl - L	245 29 %	130 16 %	2/6 ans
Système intensif laitier sans cultures de vente	20	20	0	0	0	0	0	40	20	0	ME - Esc - RGI (18 mois) - ME - Bl		95 11 %	35 4 %	0/5 ans

Marge de manœuvre pour modifier l'organisation spatiale des cultures au sein de l'exploitation

Successions culturales fixées :
aucune marge de manœuvre
4 agriculteurs

				Diversité des cultures	
				Faible	Importante
Contraintes du territoire d'exploitation	Dispersion du parcellaire forte	Délai de retour du blé	Rigide (soit 2 soit 3 ans)	Aucune	Faible
			Souple (2 <u>et</u> 3 ans)	Faible	Intermédiaire <i>1 agriculteur</i>
	Dispersion du parcellaire faible		Rigide (soit 2 soit 3 ans)	Faible	Intermédiaire <i>1 agriculteur</i>
			Souple (2 <u>et</u> 3 ans)	Intermédiaire <i>2 agriculteurs</i>	Importante <i>6 agriculteurs</i>

Caractère opérationnel

- Proposition d'une démarche d'identification des marges de manœuvre

Localisation des cultures

Aucune	Faible
Faible	Intermédiaire
Faible	Intermédiaire
Intermédiaire	Importante

→ 3 critères

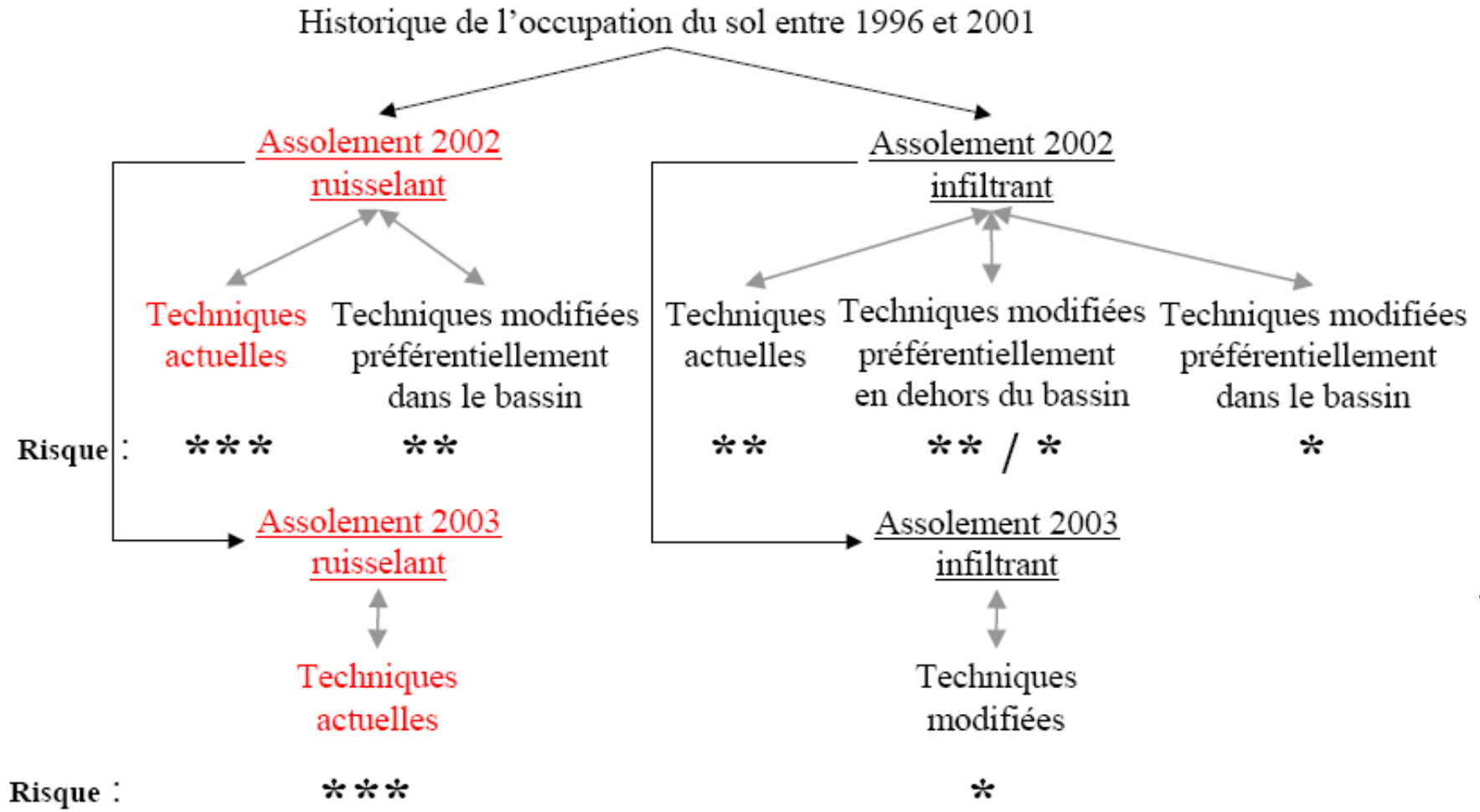
Itinéraire technique

Aucune
Intermédiaire
Importante

→ Simulations

Mise en évidence de l'organisation spatiale des cultures à l'échelle d'un BV sur le ruissellement

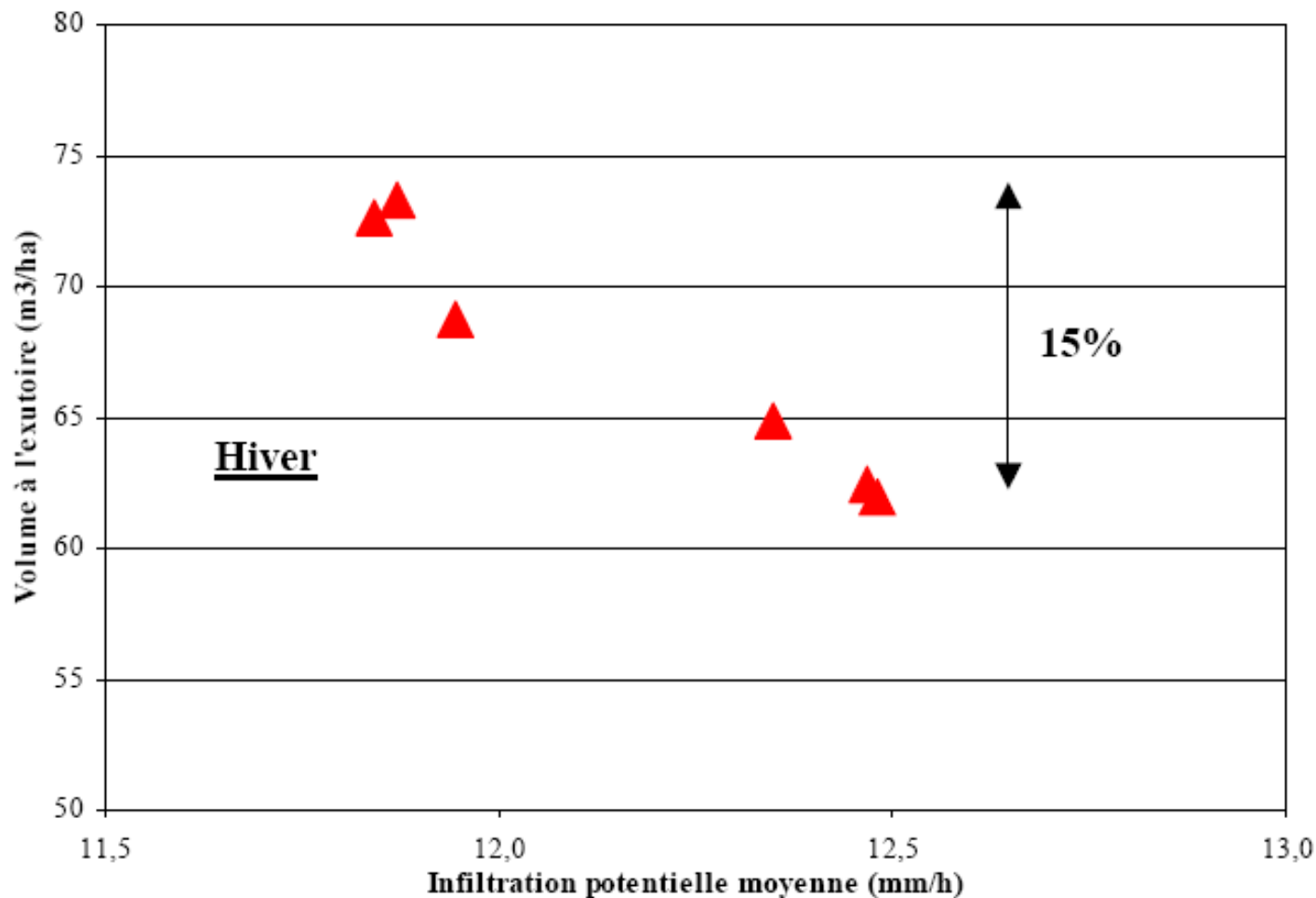
Construction de différentes configurations de bassin versant



Source : Thèse A. Joannon, 2004

Mise en évidence de l'organisation spatiale des cultures à l'échelle d'un BV sur le ruissellement

Evénement pluvieux intense (A)

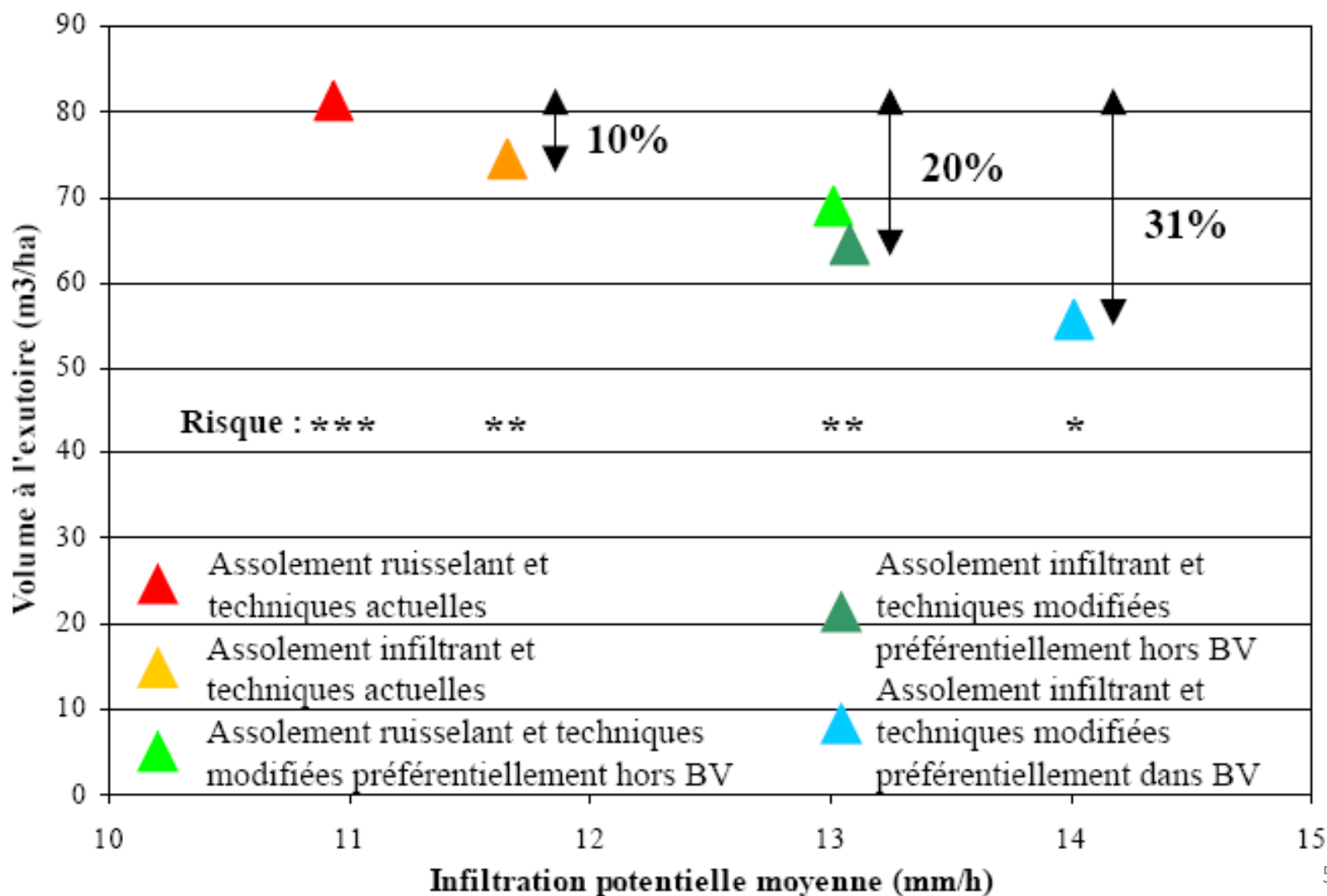


Source : Thèse A. Joannnon, 2004

Mise en évidence de l'organisation spatiale des cultures à l'échelle d'un BV sur le ruissellement

Simulations de ruissellement en hiver 2002

Evénement pluvieux intense (A)



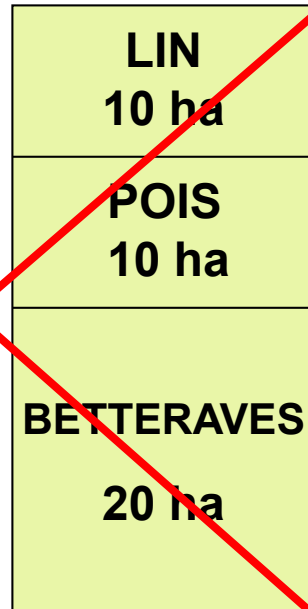
Assolement concerté à l'échelle d'un sous BV

Type n°1 d'organisation du parcellaire d'exploitation

Bassin versant n°1



Bassin versant n°2



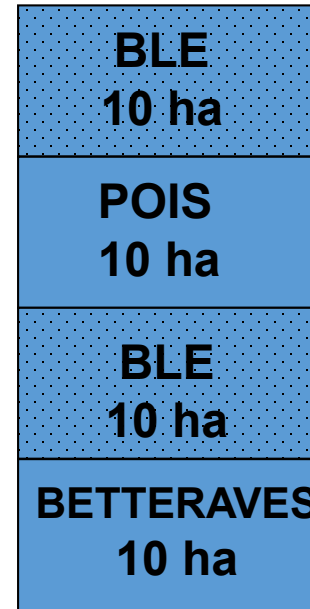
Hiver
Pluie 25 mm
LR =4,4mm

1760 m³

0 m³

Type n°2 d'organisation du parcellaire d'exploitation

Bassin versant n°1



880 m³

Bassin versant n°2



880 m³

Limites :

Taille de BV < 100 ou 200 ha



Avec le soutien financier de nos partenaires :



AREAS

Association de recherche
sur le Ruissellement, l'Erosion
et l'Aménagement du Sol

2 avenue Foch
76 460 Saint Valéry en Caux
02 35 97 25 12

www.areas.asso.fr