



Pratiques agricoles limitant les transferts vers le milieu aquatique

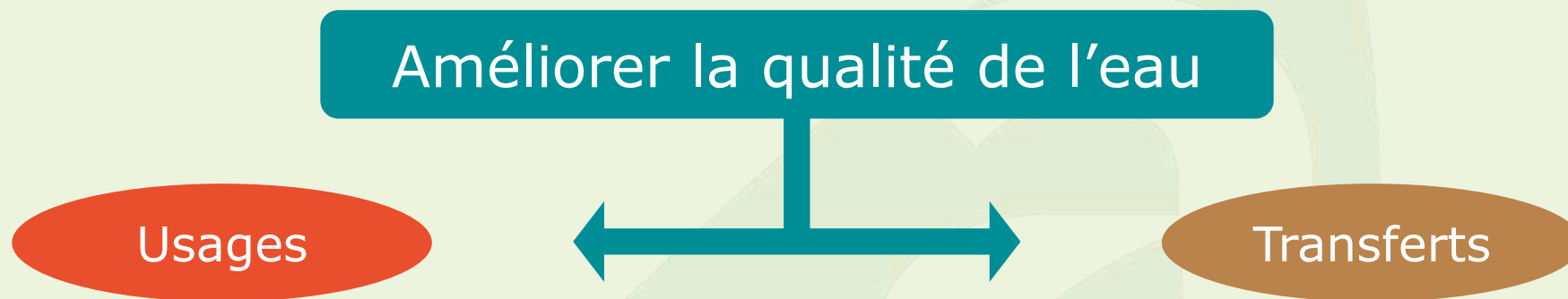
Patrice Cotinet

Formation DPR2 - 2024

chambres-agriculture-bretagne.fr



Principes et leviers d'action



1

Phytosanitaires

- Efficience / Substitution / Reconception
- Optimiser l'usage des Produits
- Réduire le recours

Phosphore

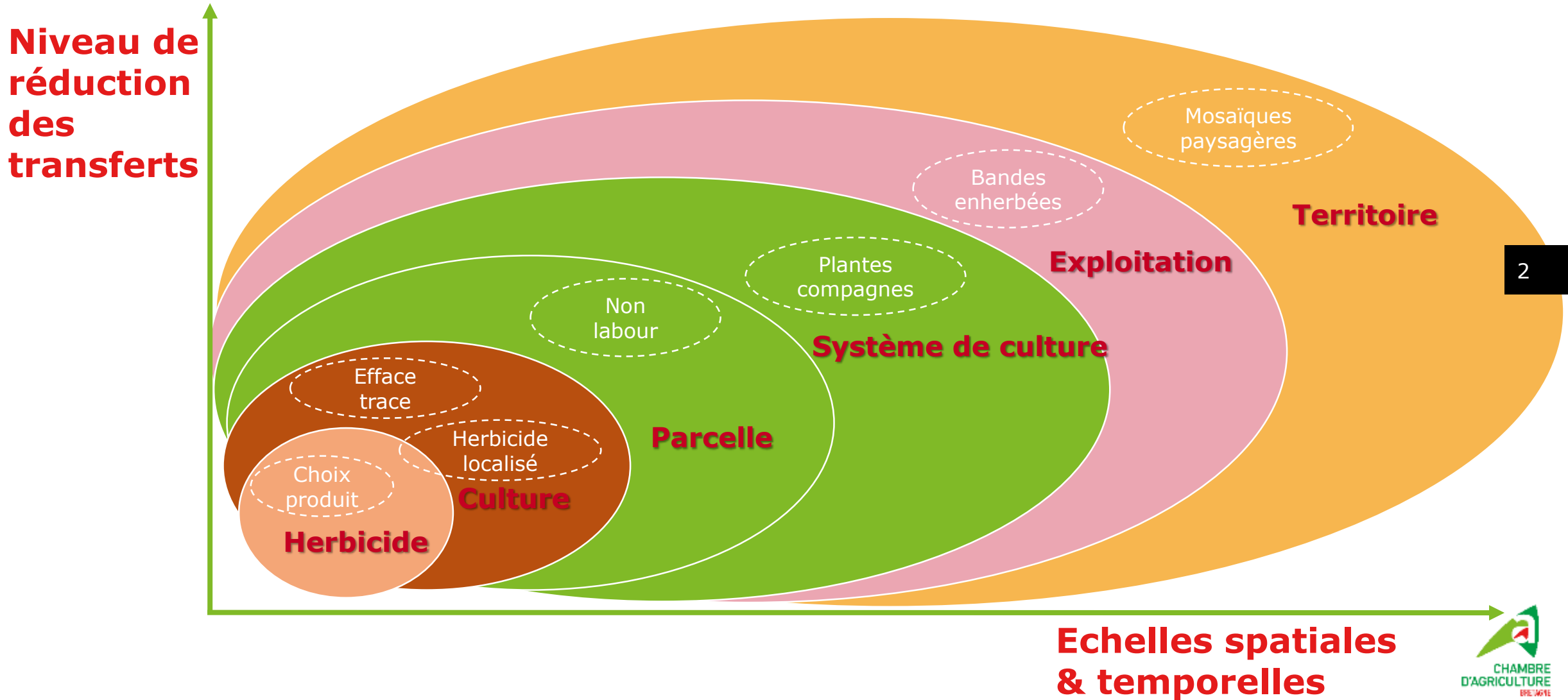
- Agir sur le stock
- Modalité d'apports

Aménagements (zone tampon)

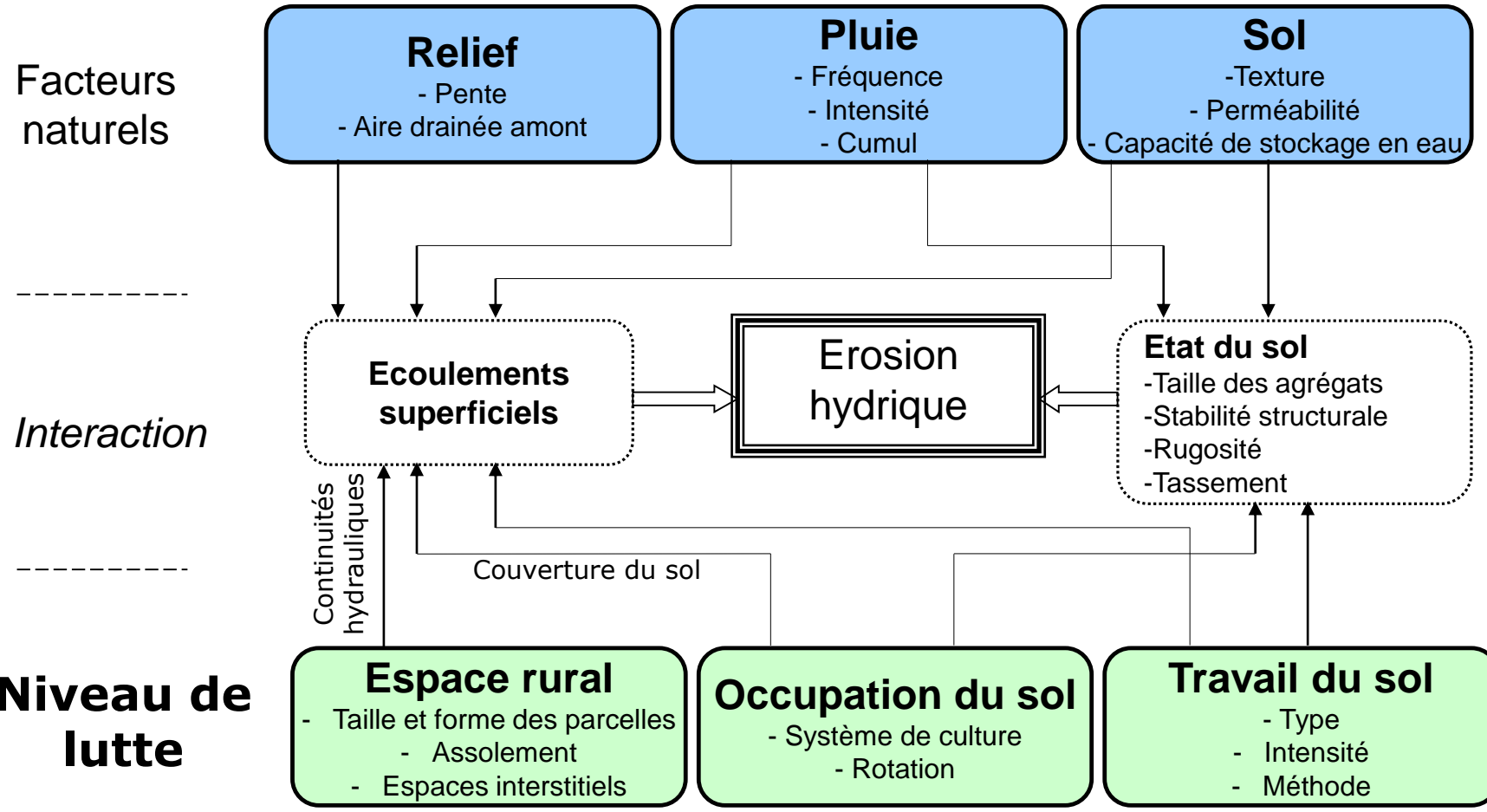
Pratiques culturelles

- Système
- Implantation
- En culture

Agir à différentes échelles



Facteurs d'érosion hydrique

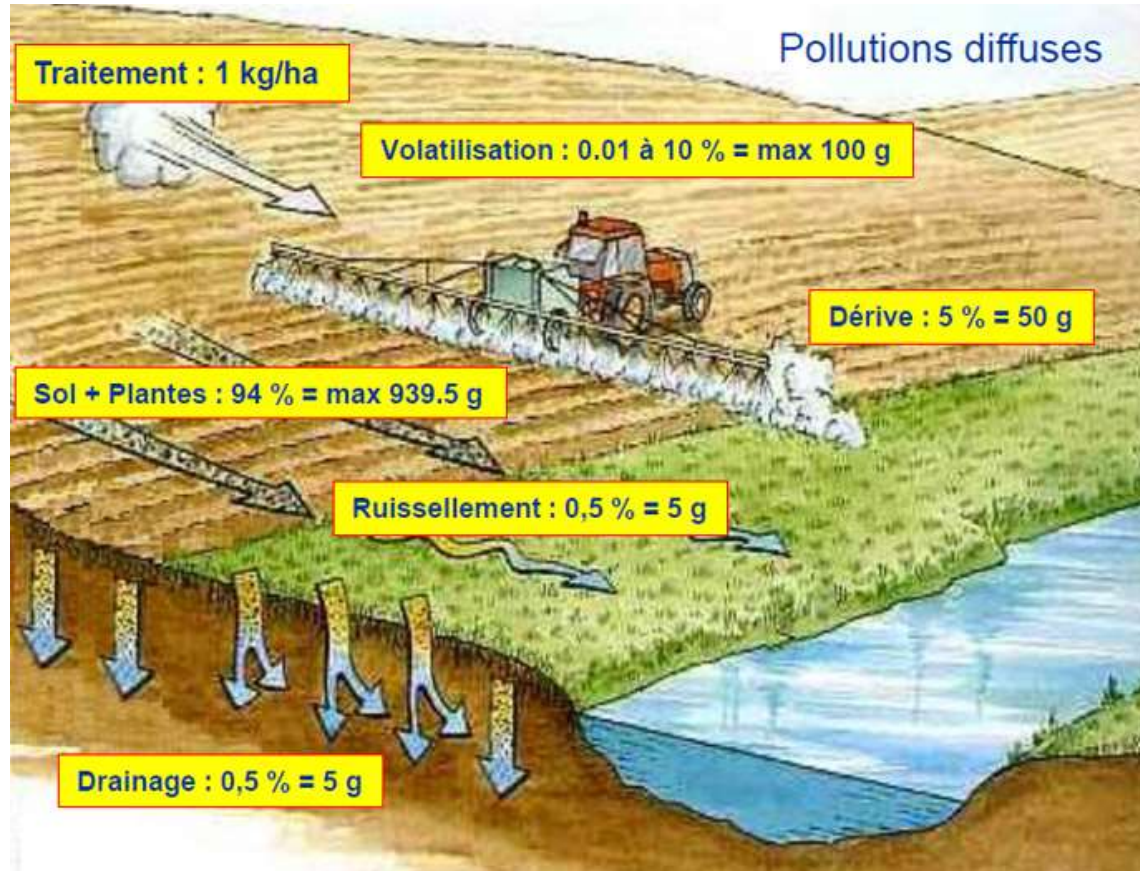


D'après Mosimann et al., 1991

Les pratiques culturales sont des leviers important dans la lutte antiérosive

Zones tampons

Transferts



- Éléments du paysage
- Linéaires ou surfaciques
- Couvert pérenne, herbacée ou ligneux
- En bordure de cours d'eau, sur le versant ou à l'exutoire de petits bassins versants
- Généralement d'origine anthropique
- Implantée spécifiquement pour remplir ce rôle

4

2 grands types:

les zones tampons « **sèches** »

les zones tampons « **humides** »

- *Zone Tampon Humide Artificielle en sortie de drainage*

Outil dimension bandes enherbées

<https://buvard.inrae.fr/>

Exemple d'une parcelle à risque

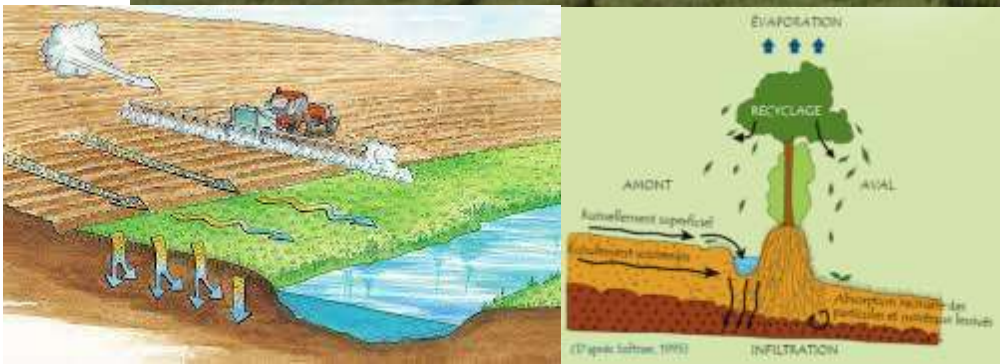
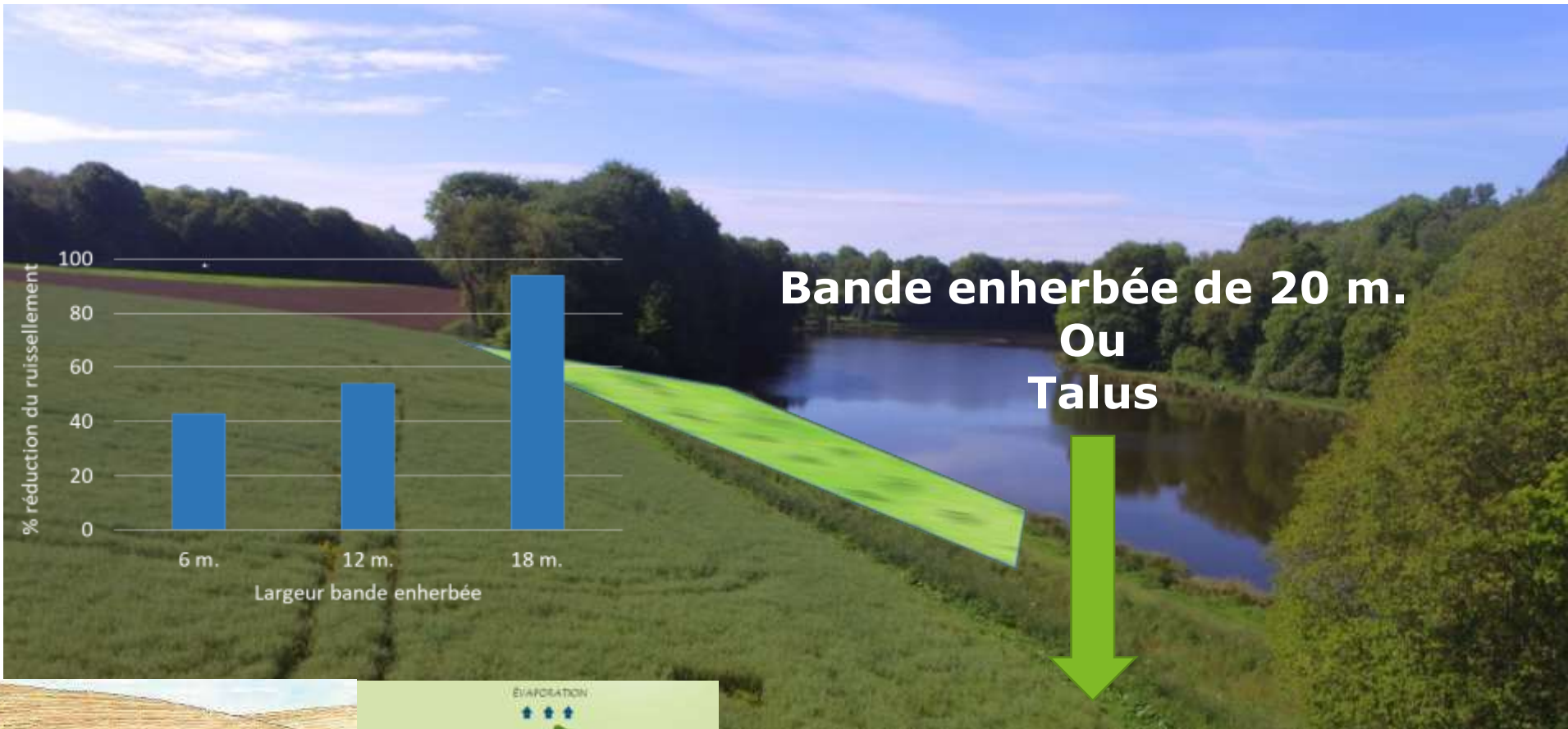
Transferts



- Distance à l'eau < à 20 mètres
- % de pente \geq à 5 %
- Longueur de pente: 50 à 150 mètres

Parcelle avec risque fort de transfert par ruissellement

Proposition d'aménagement



Parcelle avec risque modéré de transfert par ruissellement

Impact de l'aménagement des bords de ruisseau sur les flux de Phosphore

Transferts

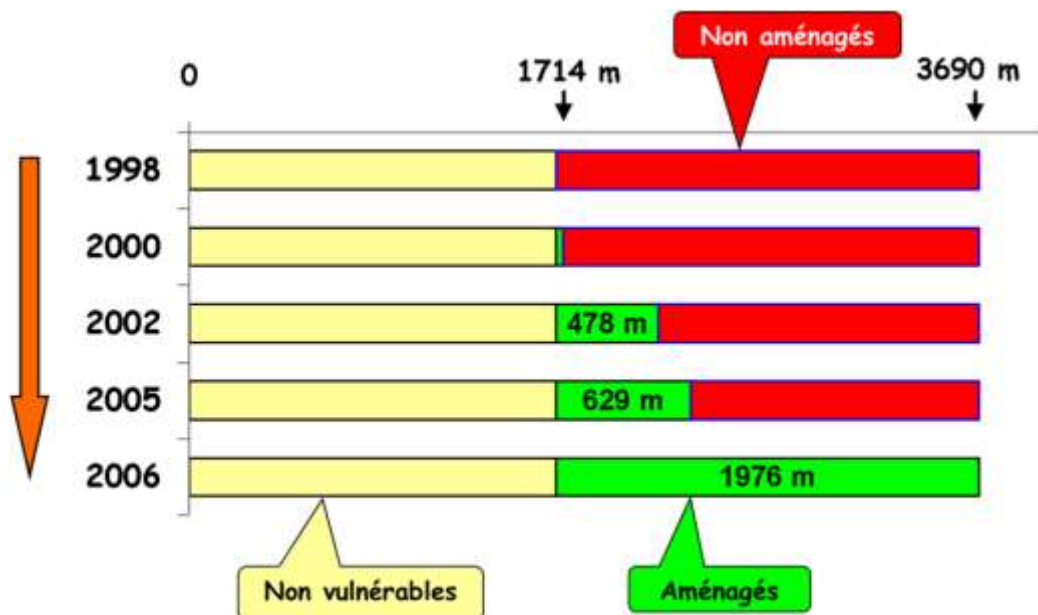


Figure 3 : évolution de l'aménagement des bords de champ et de ruisseaux par des zones tampons de 1998 à 2006 dans le bassin versant de La Fontaine du Theil (35).

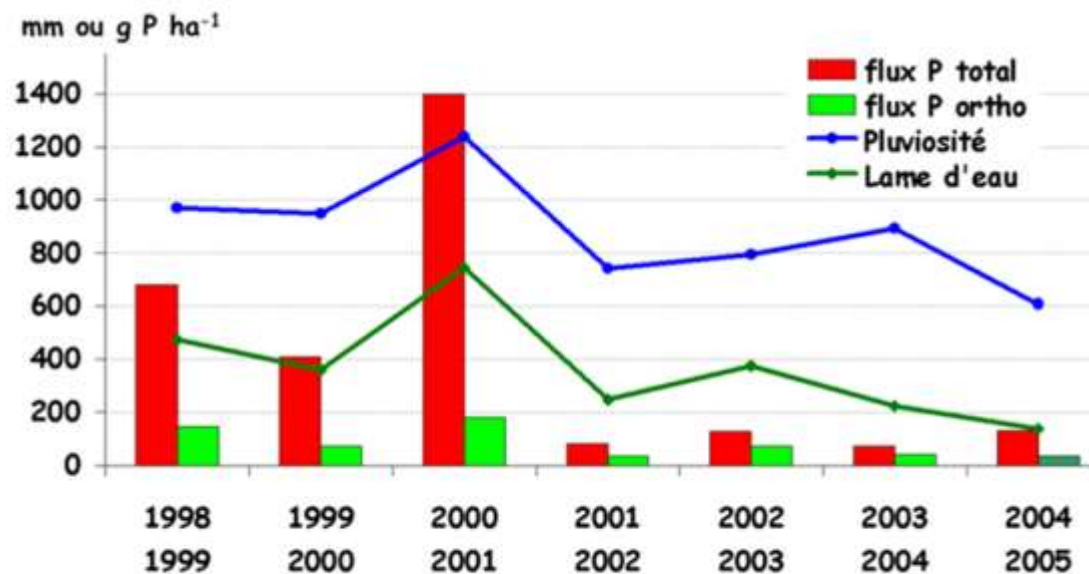
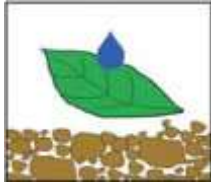


Figure 2 : flux de phosphore, pluviosité et lame d'eau mesurés à l'exutoire du bassin versant de La Fontaine du Theil (35) de 1998 à 2005.

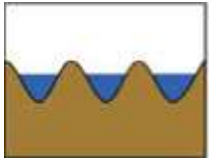


L'implantation de bandes enherbées en zones vulnérables réduit les flux de P à l'échelle du bassin versant



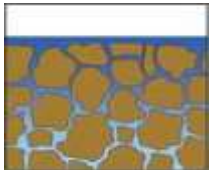
Protéger la surface de l'impact des gouttes de pluie

- ➔ Présence de mulch, couverture végétale



Ralentir l'écoulement de l'eau à la surface

- ➔ Augmentation de la détention superficielle, présence d'obstacles



Améliorer l'infiltrabilité du sol

- ➔ Augmentation de la porosité



Augmenter la résistance du sol à la désagrégation

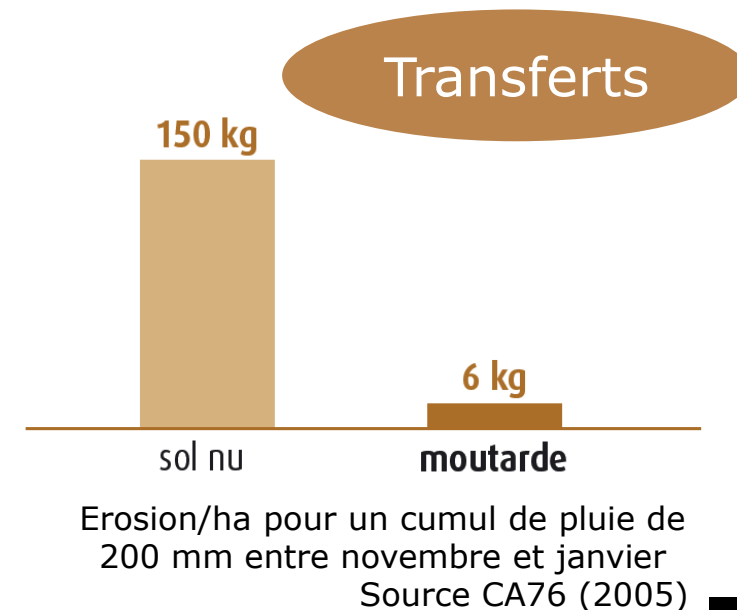
- ➔ Améliorer la stabilité structurale du sol

Tous Les leviers reposent sur au moins 1 de ces principes de bases

1. A l'échelle du système de culture
 - Couverture du sol
 - Adoption des TCSL
2. A l'implantation (préventif)
 - Préparation de sol (affinage)
 - Effaceur de traces
 - Semis en répartis
3. En cultures (curatif)
 - Binage
 - Herse étrille/houe rotative

1. Système - La Couverture du sol

- Planter rapidement les CIPAN



La végétation réduit le risque d'érosion

1. Système - La Couverture du sol

- Réflexion sur la rotation

valoriser au maximum la part de la photosynthèse utilisable

=> **Allonger le temps de couverture du sol**

Couvert à **Durée Indéterminée**

(plutôt que permanent ou semi-permanent)

- Adapté aux cultures d'automne uniquement



Exemple: Maïs-blé (CIPAN)

Couverture du sol en période hivernale



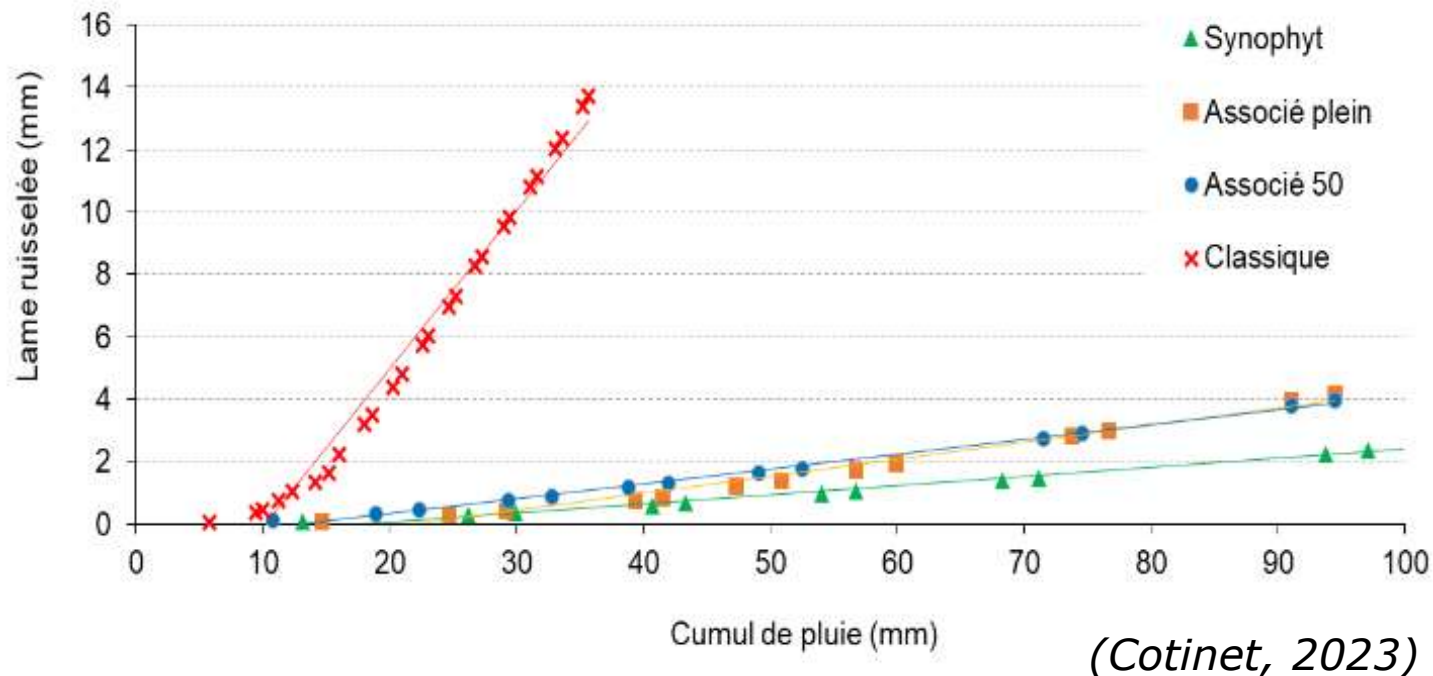
➤ Ruissellement sous colza

Transferts

Classique (témoin)
Semis + 35 jours



Associé plein
Semis + 52 jours



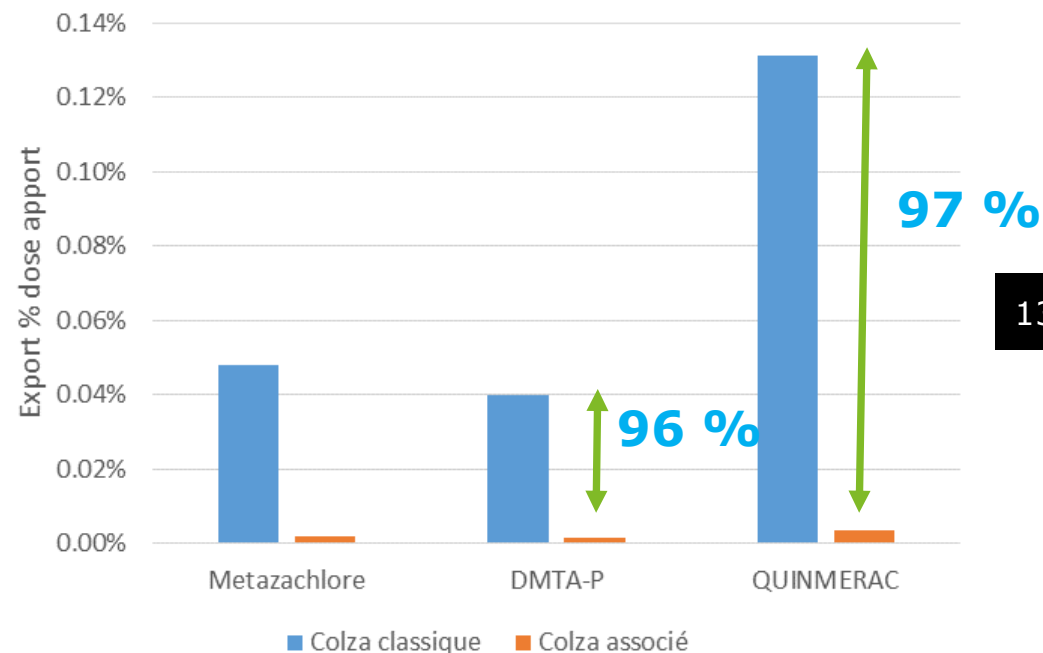
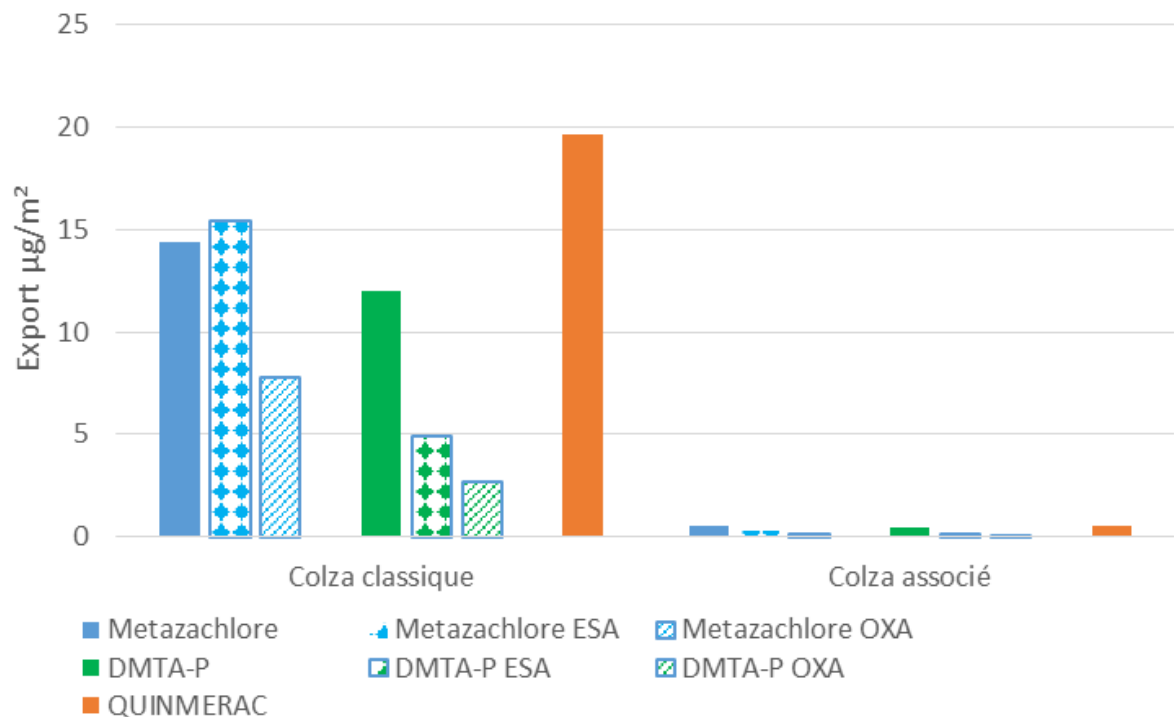
Effet de la couverture de sol sur le ruissellement

Pour 40 mm de pluie

- Réduction du ruissellement d'un facteur 10 avec le colza associé
- Retard dans le déclenchement du ruissellement

Ruissellement sous colza

Pour un cumul de pluie de 40 mm



13

Biomasses liés aux semis précoce et aux plantes compagnes réduisent très fortement le risque

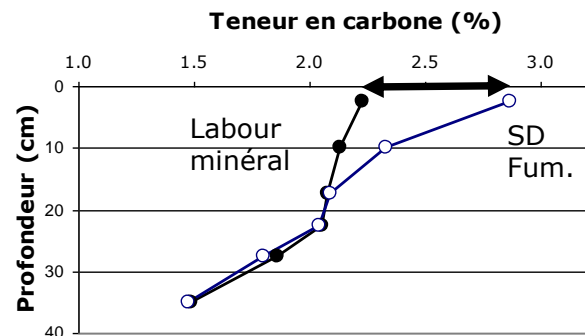


1. Système - Adoption des Techniques Culturelles Sans Labour

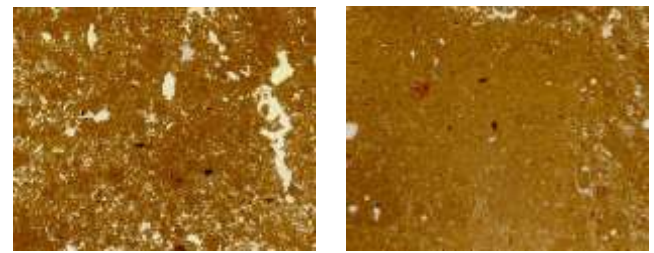


2 conséquences directs qui modifient les propriétés du sol

Concentration du carbone



Modification du volume et de l'architecture porale





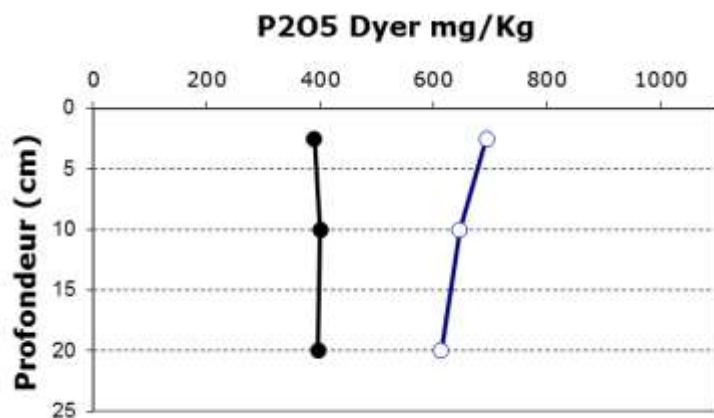
1. Système - Adoption des Techniques Culturelles Sans Labour

Influence des apports et du système sur les teneurs du sol en P

12 années de différenciation avec 9 T/ha de fumier de volailles/an
(Situation initiale **479** mg/ha P205 Dyer)



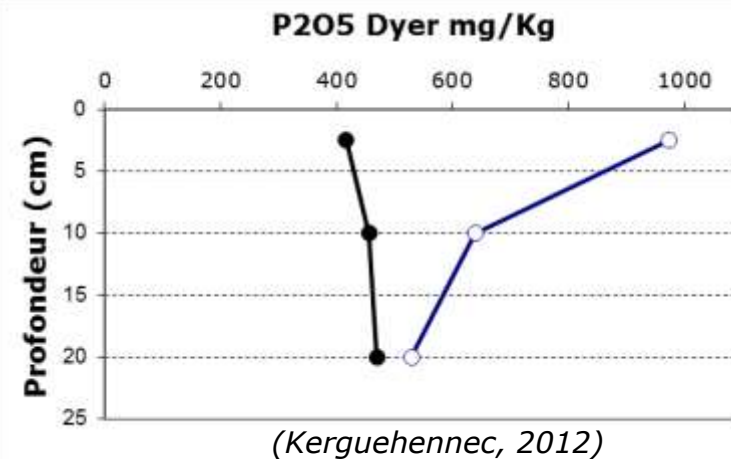
Système Labour



Les apports ont enrichis le sol
Les impasses l'ont appauvris

—●— Pas d'apport
—○— Fum. Vol.

Système Semis direct

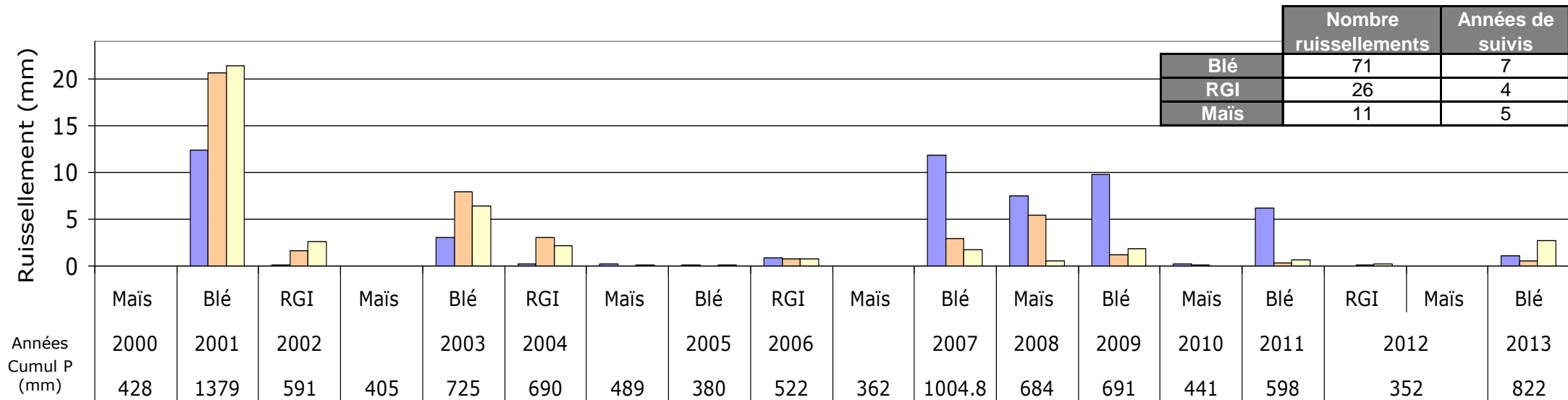


Les apports annuels combinés au semis direct enrichissent l'horizon de surface

Les TCSL peuvent enrichir les horizons de surfaces



1. Système - Adoption des Techniques Culturelles Sans Labour



Hiver
 Ruissellement TCSL > L
 puis **mitigé**
 Porosité/Stabilité

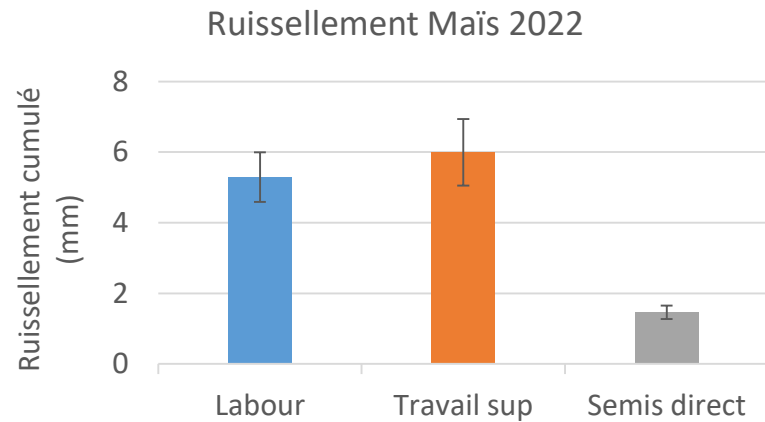
- Labour
- Travail superficiel
- Semis direct

Printemps (Maïs)
 Ruissellement L > TCSL
 Etats de surface

- Sol évolue au cours du temps
- Etat du sol => Sensibilité au ruissellement



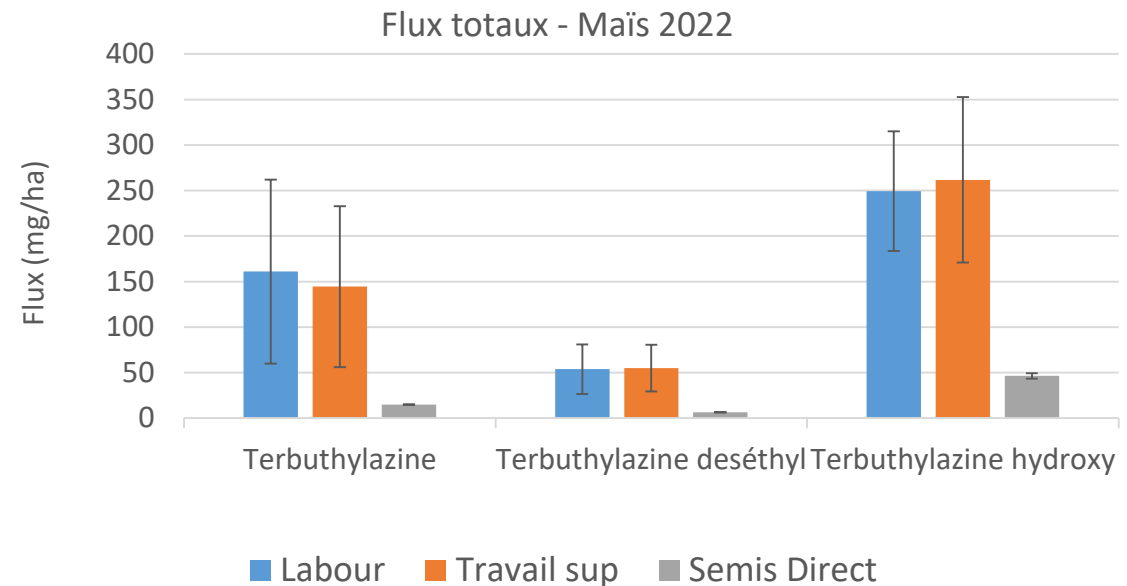
1. Système - Adoption des Techniques Culturelles Sans Labour



Période culturale du maïs = 272 mm de pluie

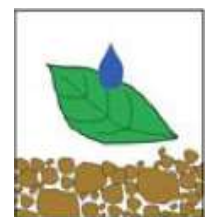
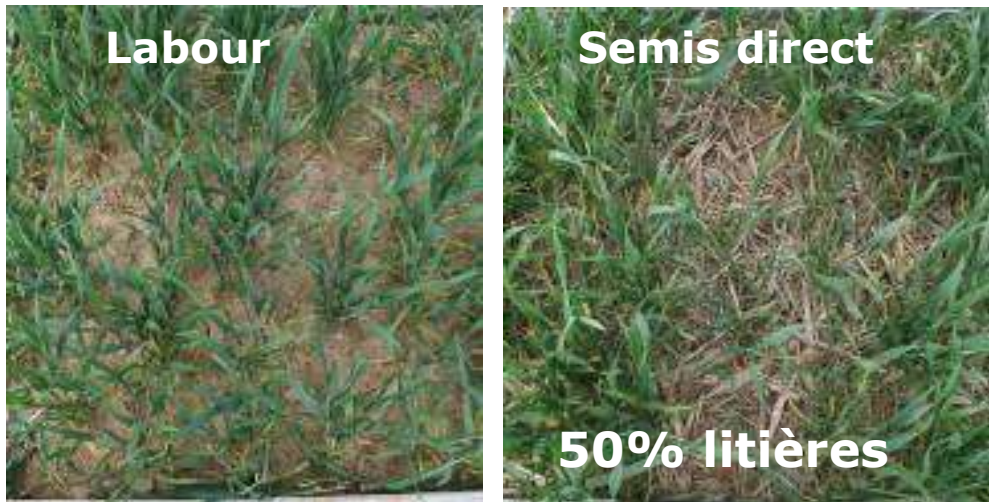
- Labour => 2 % ruissellement
- Semis direct => 0.5 % ruissellement

- Les techniques sans labour peuvent jouer un rôle important dans les transferts



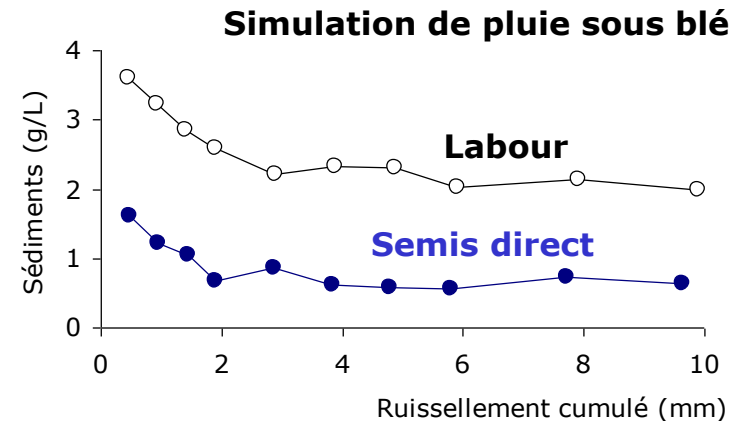
Impact des TCSL sur l'érosion

- Concentrations en sédiments en TCSL < L
- Rôle des résidus de cultures
- Permet de diminuer les flux



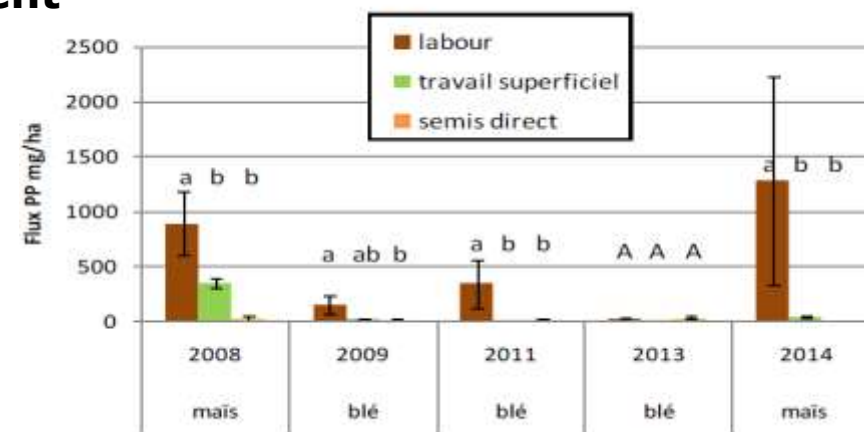
Effet protecteur du mulch

Les TCSL sont efficace pour limiter les flux de P. particulaire

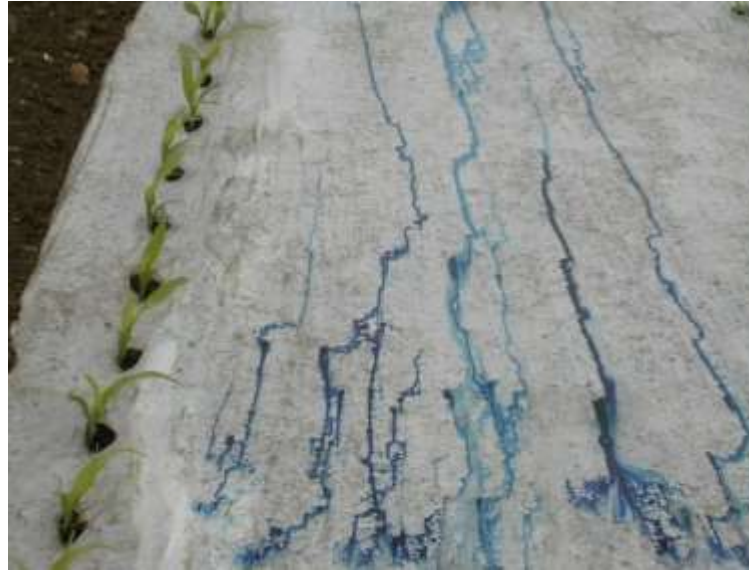


Kerguéhennec, 2011

P. particulaire transporté par ruissellement



1. Système - Impact des paillages plastiques



	Pluie (mm)	Nbre ruissellement	Kru (%)	Cmp (g/L)	Flux (kg/ha)
Plastique	141	11	14.5%	3,58	734
Conventionnel		1	0.2%	7,1	19

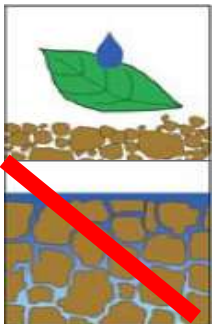
Kerguéhennec, 2002

Pente 9 %

Effet protecteur du paillage

Réduit l'infiltration
Accélère l'écoulement

- Réserver aux parcelles à risques faibles
- Compléter avec mesures palliatives



➤ 2. A l'implantation – Maïs en Bretagne

- Maïs 27 % SAU (Agreste, 2022)
- Sensible au ruissellement
- 1/3 des surfaces en pré-levée
- Doses appliquées relativement élevées



20

Stratégies de pré-levées considérées plus à risque

Intérêt de la prélevée: graminées, véronique, résistance, ...

Effaceurs de traces de roues

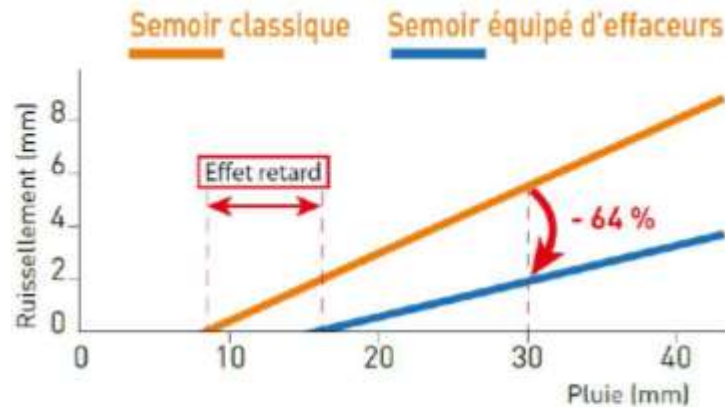
Ruissellement principale voie de transfert des produits phytosanitaires

Chemins préférentiels de l'eau en maïs

- Lignes de semis
- Traces de roues

Efficacité

Ruissellement



Source: Phytoma n° 693 - 2016. Etude réalisée en partenariat avec BASF

- Retardent le déclenchement du ruissellement

Transfert de DMTAP



- Limitent le risque de transfert d'herbicides

Expérimentation en pluie simulée
Dose DMTAP : 864 g/ha



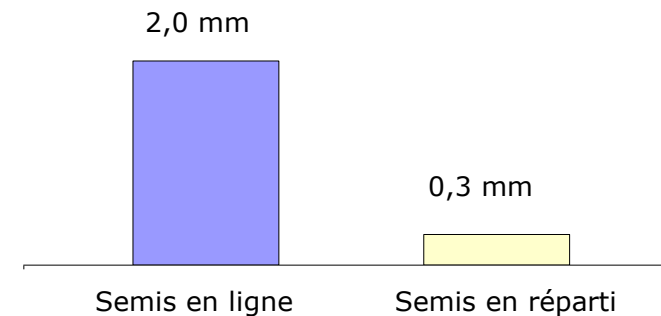
Avantages

- Faciles à mettre en œuvre
- Coût modéré
- Utilisables sur d'autres cultures
- Combinables avec d'autres techniques permettant de limiter les quantités d'herbicides ruisselés.

2. A l'implantation – Semis en réparti



Ruissellement pour une pluie de 17 mm

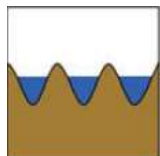


Source : CA 76 , 2006

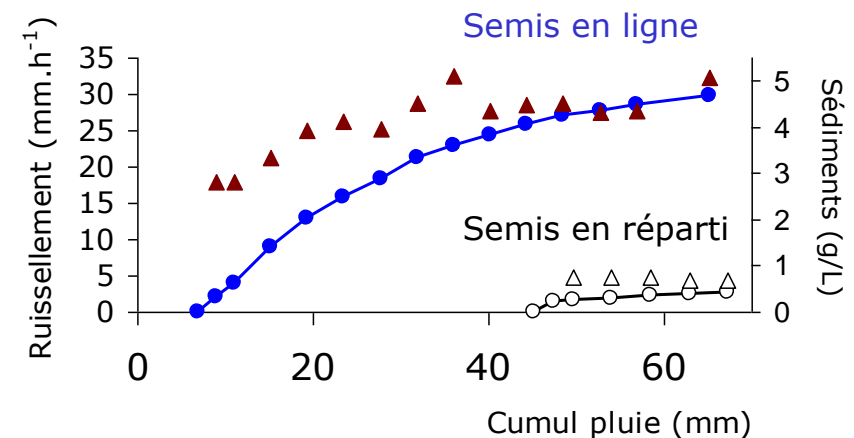
En labour et non labour
Diminution importante des flux

Pour un cumul de pluie de 100 mm

	Kru (%)	Cmp (g/L)	Flux (g/m ²)
Ligne	16.9	5.7	95
Réparti	1.4	0.7	2



Eviter les chemins préférentiels



Simulation pluie - Kerguéhennec, 2002

2. A l'implantation – Préparation du lit de semence

Objectifs :

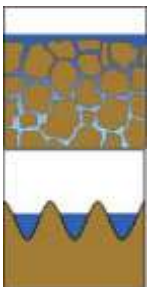
- Permettre une bonne levée
- Préserver un état de surface motteux

H% du sol



Tassement

- Même en TCSL veiller à ne pas trop affiner le sol
- Réglage des outils rotatif

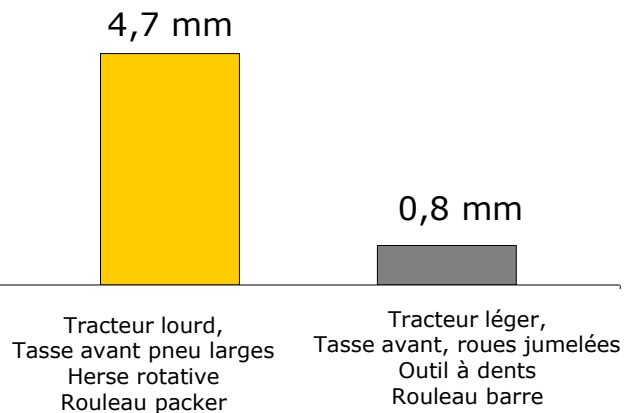


Travail du sol favorise l'infiltration

Eviter l'excès de terre fine

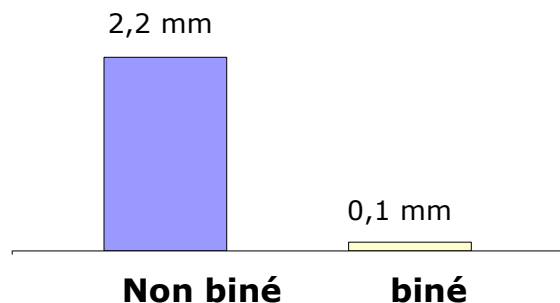


Ruissellement pour une pluie de 21 mm



Source CA76, décembre 2006

3. En culture - Binage



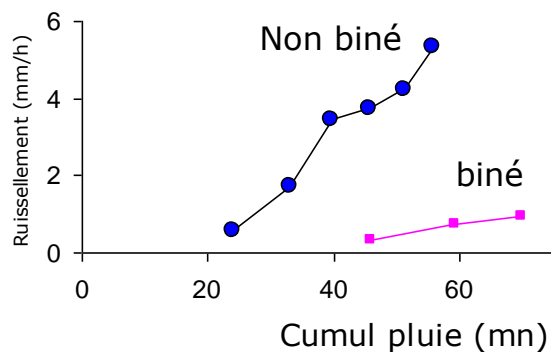
Kerguéhennec, 97 et 98

Pour un cumul de pluie de 55 mm

	Kru (%)	Cmp (g/L)	Flux (g/m ²)
Non biné	16.7	1.2	11.4
biné	4.1	1.3	3.0

Kerguéhennec, 2013

Pente 8 %
Pluie 43 mm/h

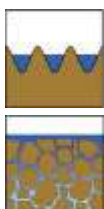


Pour un cumul de pluie de 55 mm

	Kru (%)	Cmp (g/L)	Flux (g/m ²)
Non biné	8.4	1.5	7.2
biné	1.4	1.3	1.0

Kerguéhennec, 2011

Pente 2 %
Pluie 23 mm/h



Diminue l'écoulement superficiel

Améliore l'infiltration (retard du déclenchement)

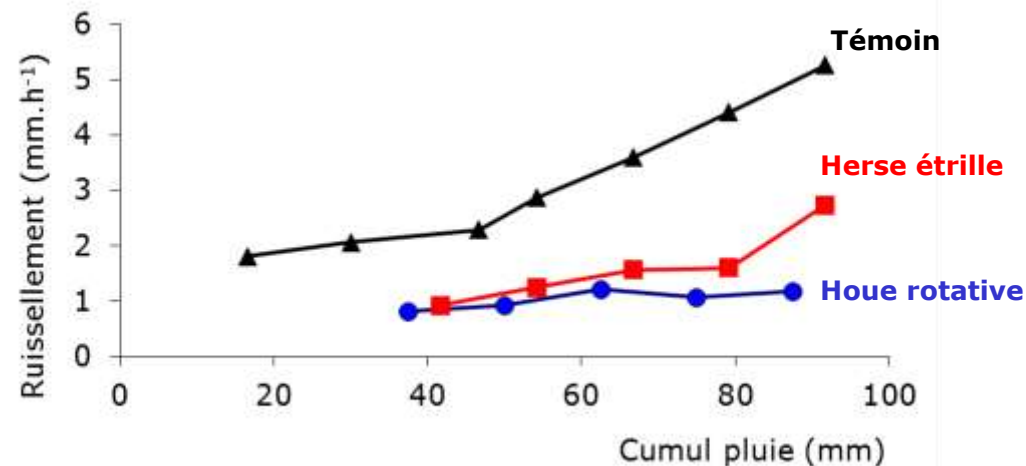
3. En culture – Désherbage mécanique (blé)



Herse étrille



Houe rotative

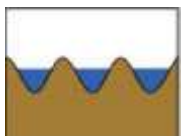


25

- Retarde l'apparition du ruissellement
- Diminution le % de ruissellement
- Différence entre les 2 outils

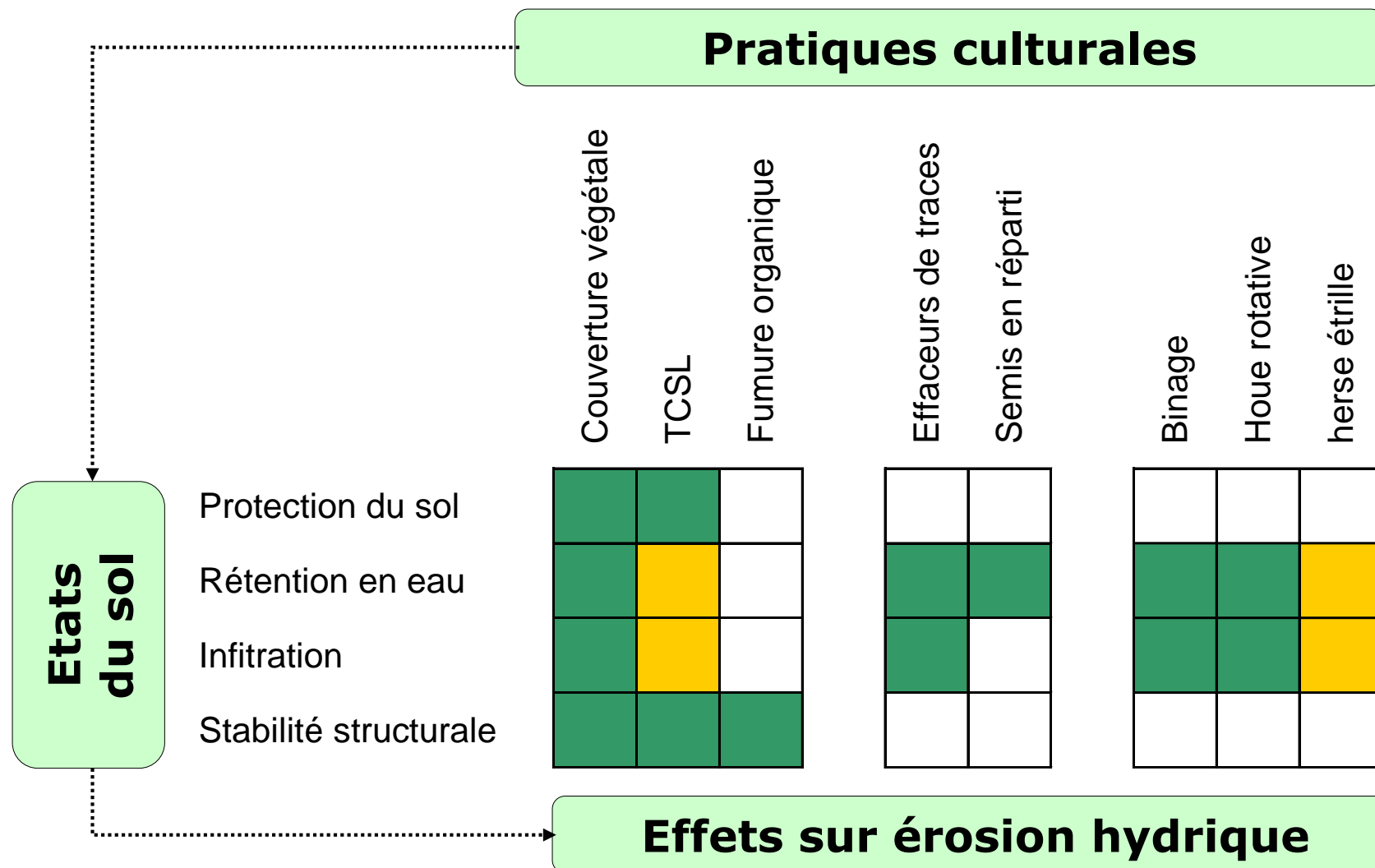
Pour un cumul de pluie de 80 mm

	Kru (%)	Flux érosion (Kg/ha)	Flux Pparticulaire g/ha
Témoin	5.1	64	43.4
Herse étrille	2.8	31	39.3
Houe rotative	2.0	13	18.5



Action sur les flux en limitant le ruissellement

➤ Réduire le ruissellement et l'érosion



Préventif

(action sur le stock semencier)



Gestion du salissement
Rotation x travail du sol
Labour, faux semis
Ecimage
Récupération menues paille
Broyage
Effluent (compost)....

Evitement

(empêcher de lever ou de se développer)



Date de semis
Faible bouleversement de sol
Couverture du sol
Plantes compagnes

Atténuation en culture

Densité de semis
Variétés et mélanges
Gestion de l'azote



Curatif

(détruire les adventices)

Désherbage mécanique
Désherbage chimique
localisé, ciblé

Stratégie de gestion des adventices

Usages

Exemple



Adventices cibles :

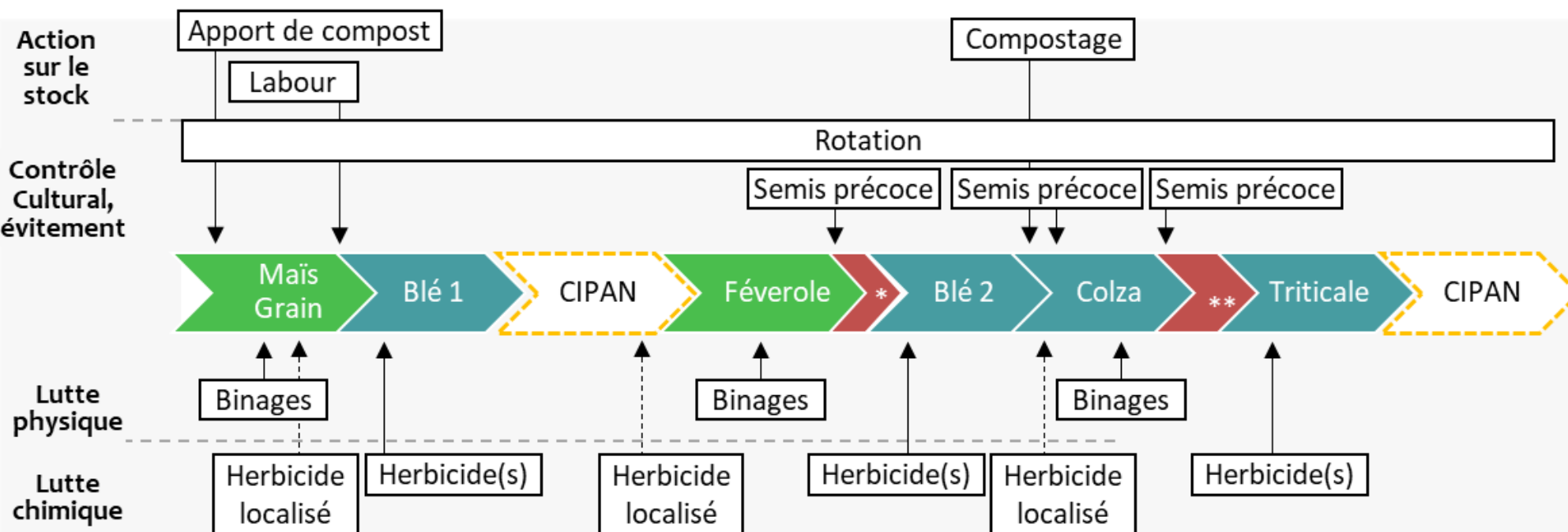
Vivaces : rumex, chardon, laiteron, liseron
Annuelles : gaillet, véronique, folle avoine, pensée...

Objectifs :

Améliorer la situation initiale :

- Vivaces : chardon, laiteron : pas de montée à fleurs sur féverole et colza. Rumex : pas de montée à graines
- Annuelles : gaillet < 1/m². Pas de dépassement des cultures en fin de cycle

28



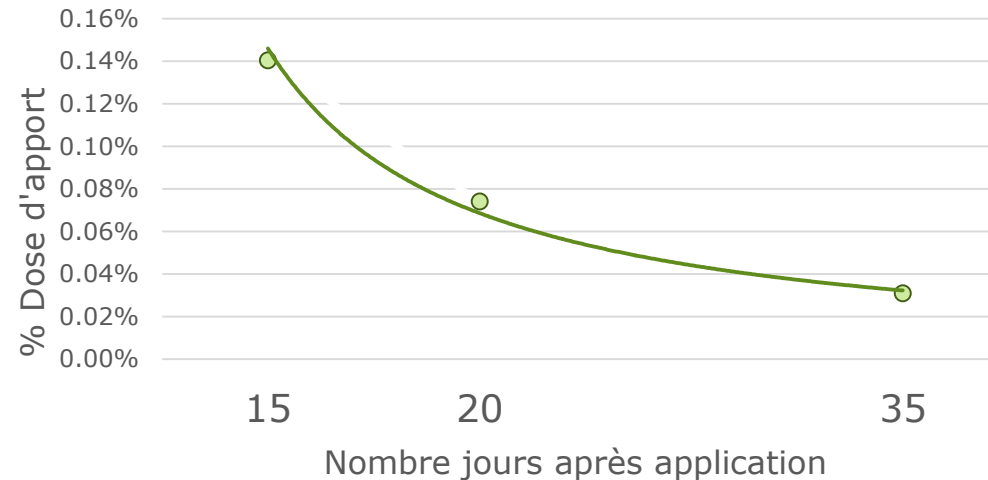
Désherbage localisé sur le rang, lors du semis de colza, féverole et maïs (33 % de la surface traitée)





Période d'application – conditions climatiques

Usages



29

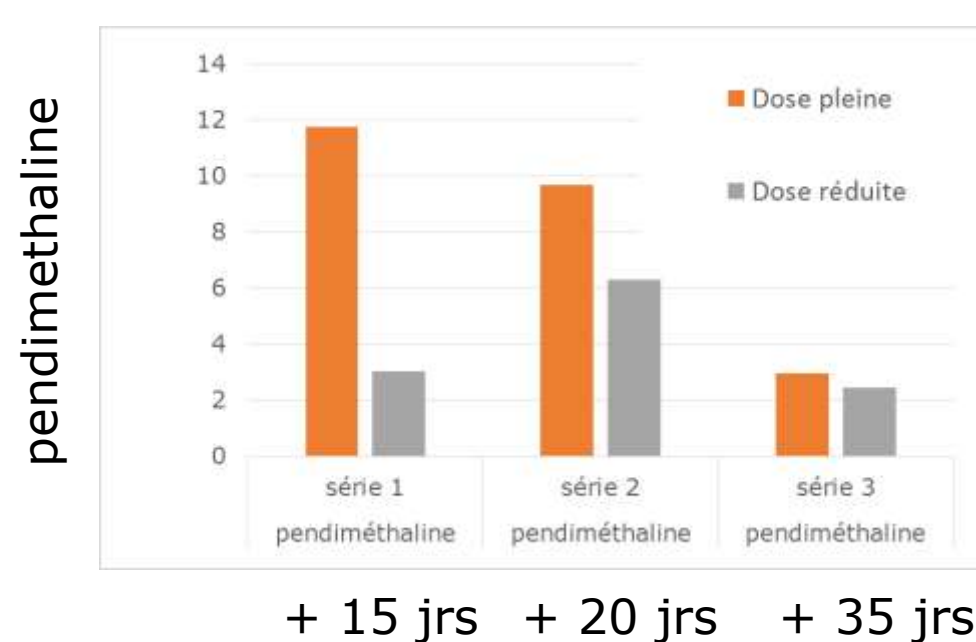
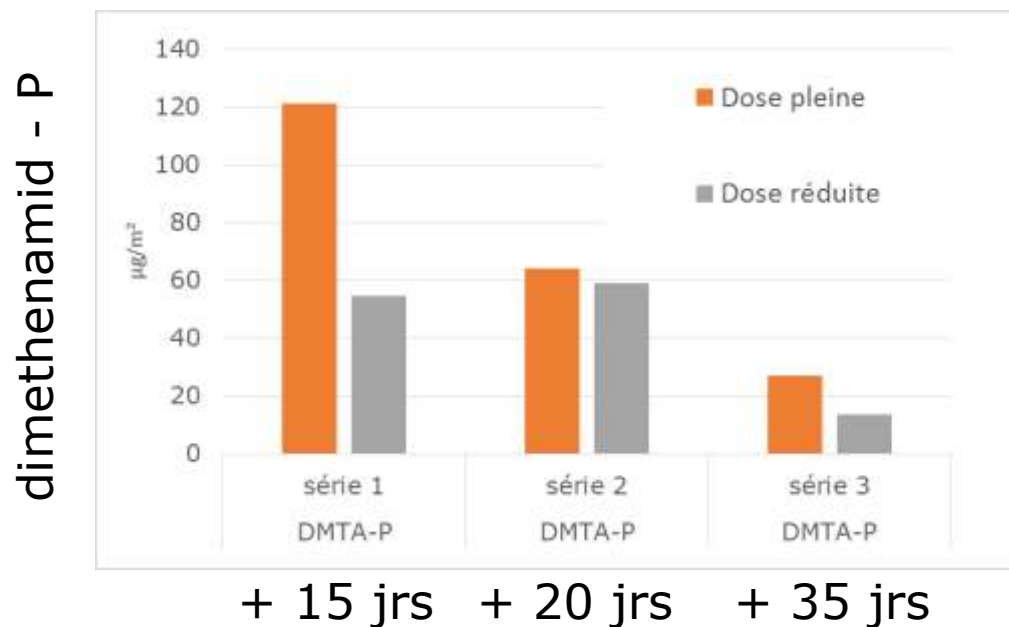
Exportation de DMTA-P pour une pluie ruisselante de 30 mm en fonction du délai après traitement (Kerguehennec-2014)

Si la pluie ruisselante intervient 5 jours plus tard **les flux de DMTAP transférés par ruissellement sont réduits de 50%**

Prendre en compte le risque d'écoulement proche de l'application

Diminuer les doses d'herbicides

Exemple: traitement en plein, pré-levée sur maïs



30

Effet choix substance active

Réduction de dose = limite les transferts par ruissellement

Effet dose marqué pour la première série de ruissellements

Kerguéhennec, 2014 (simulation de pluie)

Désherbage localisé sur le rang - semis

Usages

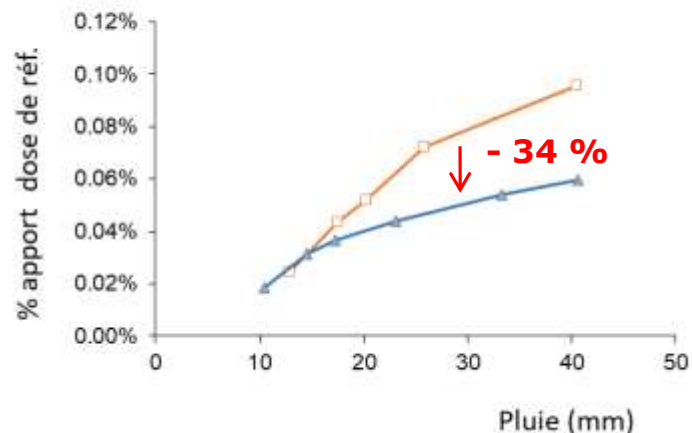
Réalisé en même temps que le semis
Appliqué uniquement sur le rang

- Réduction de 2/3 du dosage hectare
- Rattrapage mécanique possible

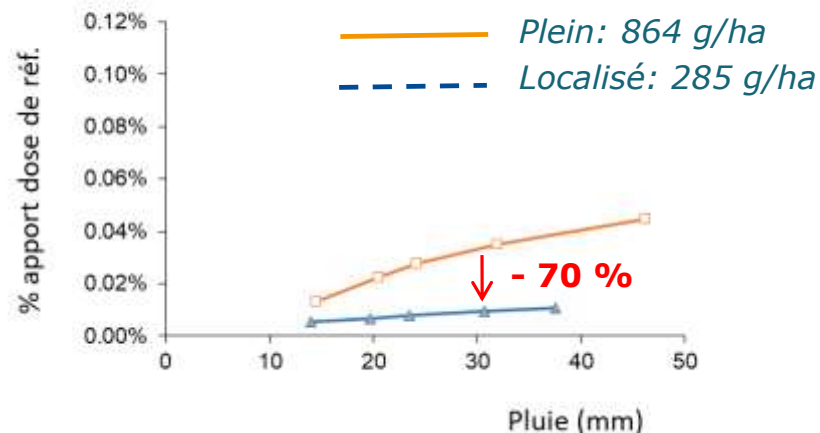


Efficacité mesurée sur transfert de DMTA-P

Stade 3 f. du maïs
20 jours après traitement



Stade 6 f. du maïs
35 jours après traitement



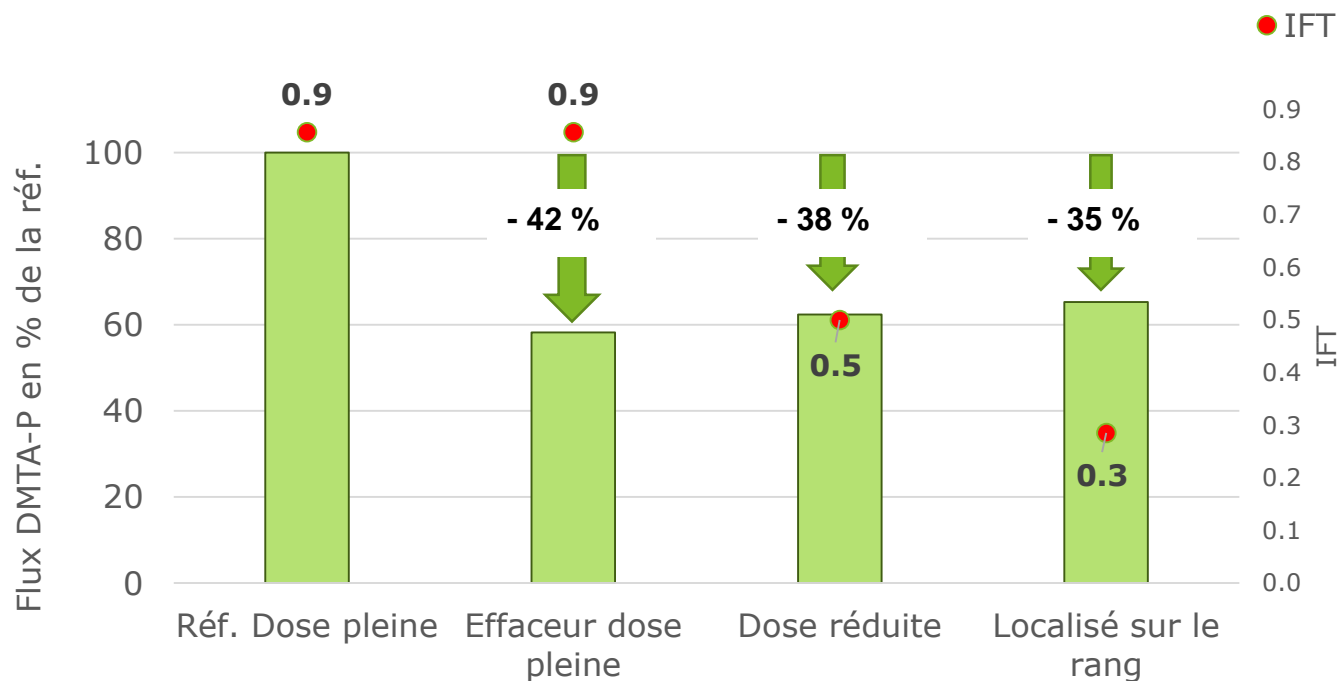
(Simulation de pluie - Kerguehennec 2014)

- Levier intéressant pour réduire l'IFT
- Combinable avec techniques permettant de limiter le ruissellement
- Binage possible de l'inter-rangs

Réduction d'autant plus forte que le ruissellement intervient tard

Attention au ruissellement précoce intervenant sur la ligne de semis

Combinaison de leviers

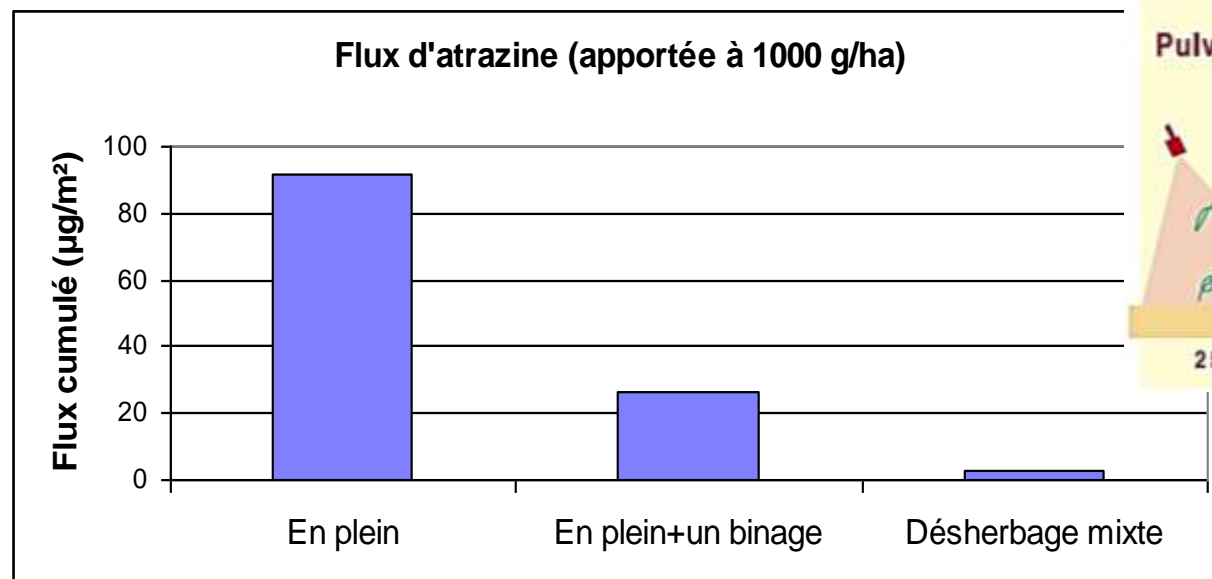


Expérimentation en pluie simulée
 Dose DMTAP : 864 g/ha
 Dose DMTAP réduite : 504 g/ha

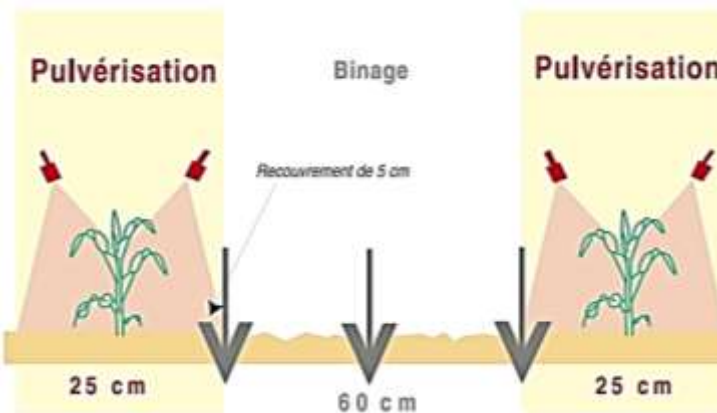
Comparaison de 3 techniques permettant une diminution des flux de DMTA-P pour une pluie ruisselante de 30 mm (Kerguehenec-2014)

Le raisonnement de la dose peut être complété par d'autres leviers comme l'utilisation d'effaceurs de traces de roues

➤ Désherbage mixte du maïs



Dispositif sous pluies naturelles, Kerguéhenec, 1997



	CMP (µg/l)
Plein	1.1
Plein+binage	1.6
Désherbage mixte	0.7

33

➤ Le binage en rattrapage a permis de réduire de 70 % les flux

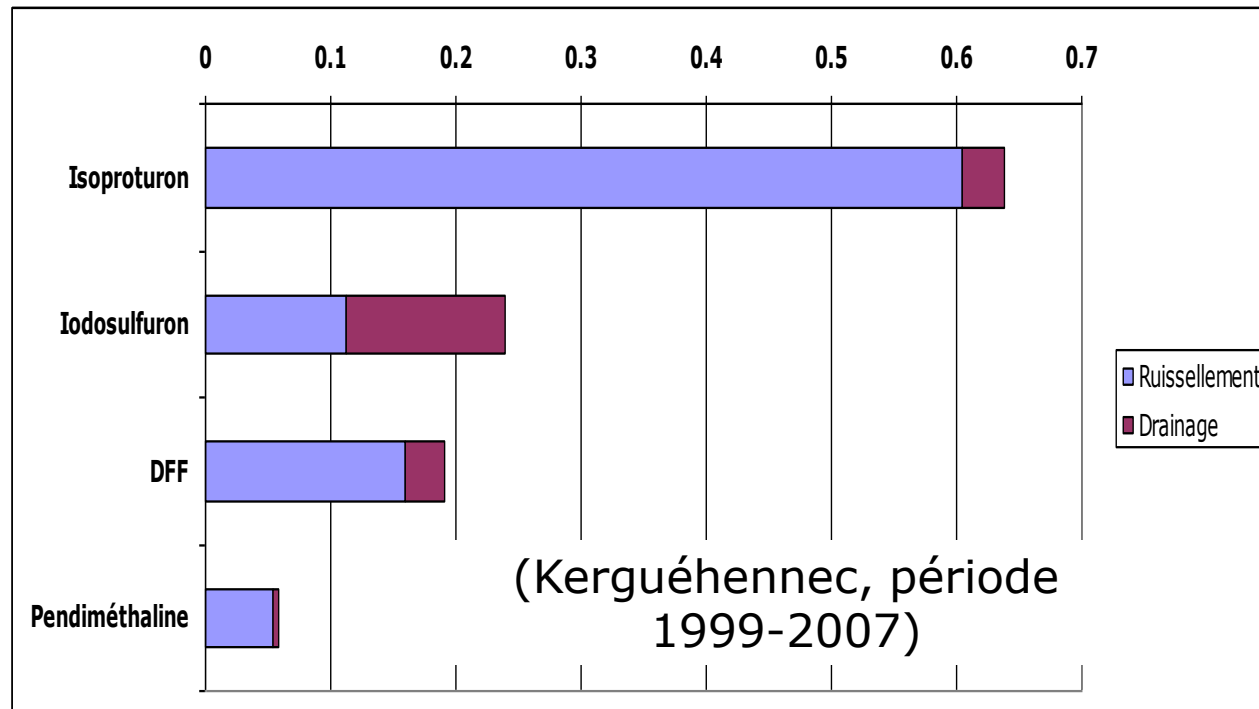
➤ Le désherbage mixte a permis de réduire de 97 % les flux

Caractéristiques des molécules

Suivi par ruissellement et drainage

Exemple du blé sur parcelle drainée

Transferts par ha (% de la dose appliquée)



34

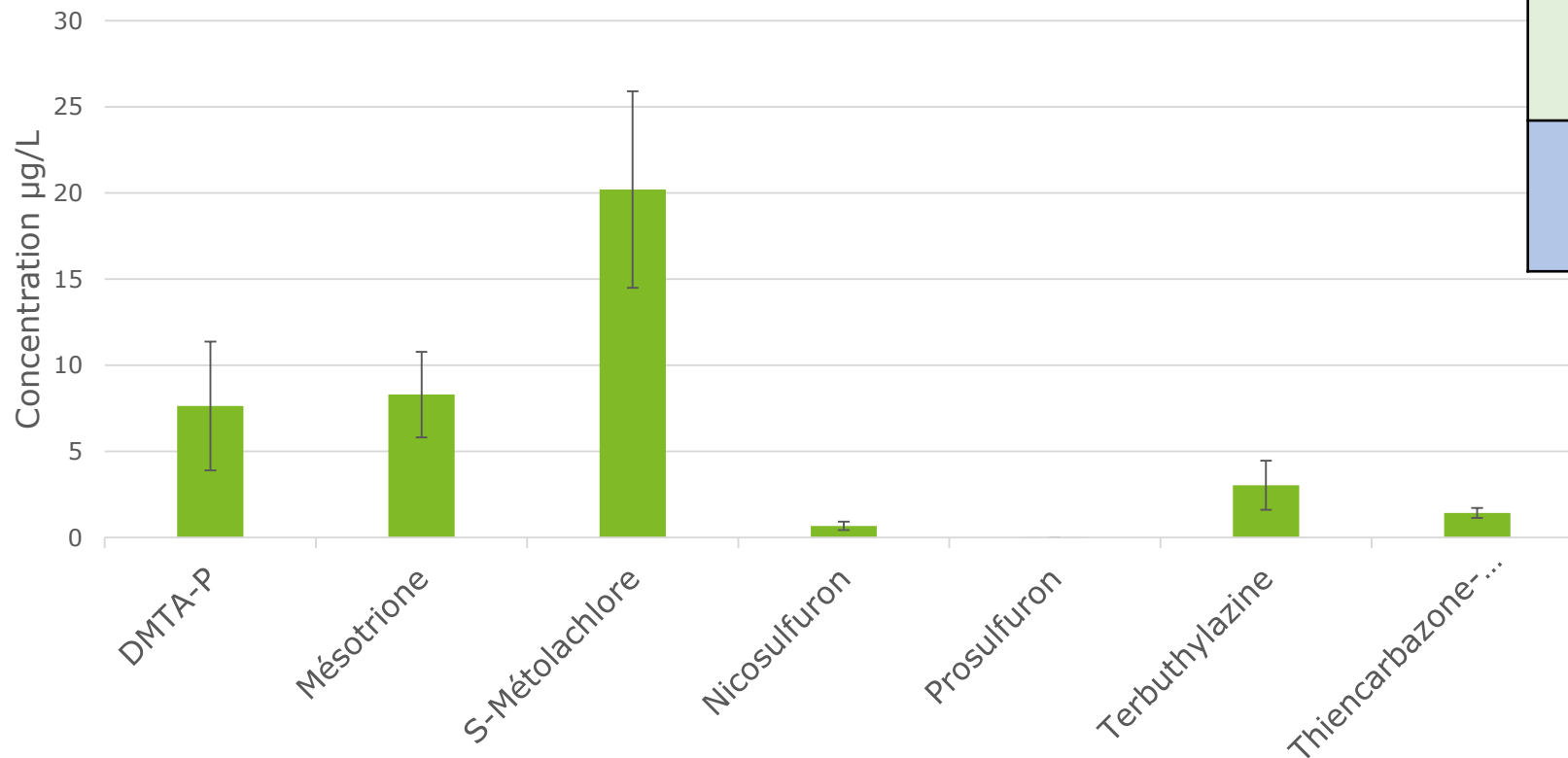
- Flux relatifs => **caractéristiques des molécules** (affinité pour le sol, solubilité et DT50) jouent un **rôle important**.
- Flux ruissellement > drainage.

Les caractéristiques des molécules influencent leur risque de transfert

Caractéristiques des molécules

Usages

CMP - Maïs 2022 – parcelles labour



Application	Substance	Dose g/ha
06/05/2022	dimethenamid-p	864
	S-métolachlore	1000
	mésotrione	100
	thiencarbazone-methyl	39.6
25/05/2022	Isoxaflutole	99
	Mésotrione	35
	Terbutylazine	165
	Nicosulfuron	20
	Prosulfuron	4.5

35

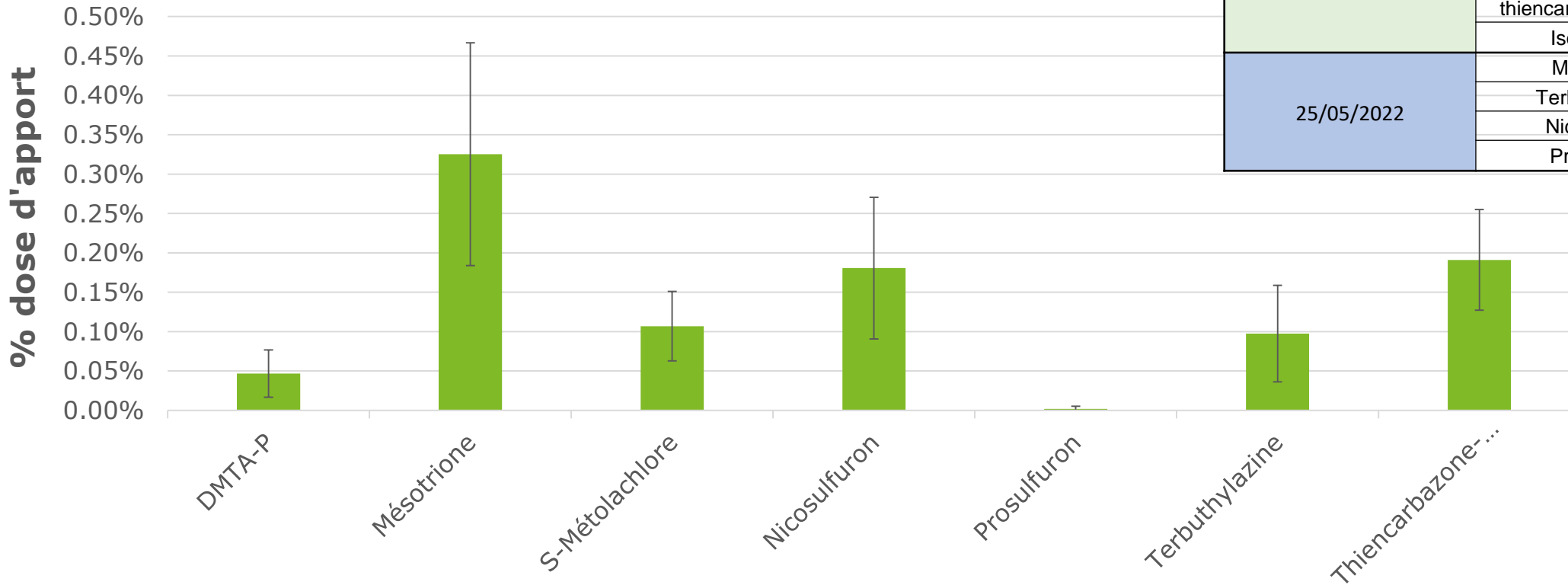
Cumul de pluie **272 mm**
 2 ruissellements
 23 juin
 31 aout
 Coeff. Ruissel 1,9%

Concentration dans l'eau différentes selon stratégies
 => Doses x caractéristiques



Caractéristiques des molécules

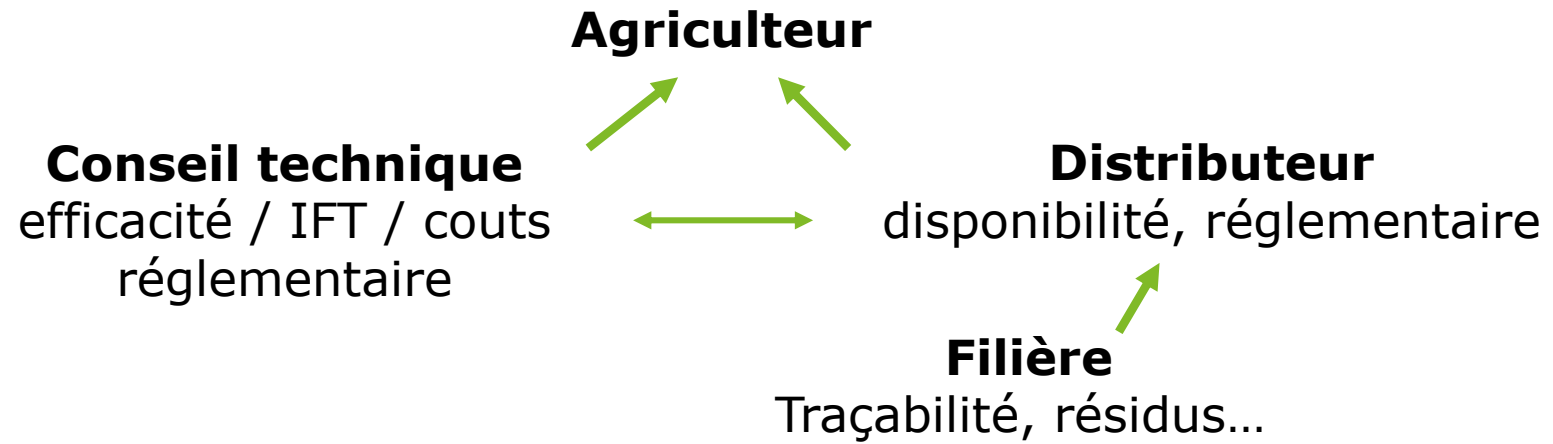
Flux herbicides selon dose d'apport - Maïs 2022



Application	Substance	Dose g/ha
06/05/2022	dimethenamid-p	864
	S-métolachlore	1000
	mésotrione	100
	thiencarbazone-methyl	39.6
	Isoxaflutole	99
25/05/2022	Mésotrione	35
	Terbutylazine	165
	Nicosulfuron	20
	Prosulfuron	4.5

Flux / dose apport = comportement dans l'environnement
 => *Evaluation du risque à l'échelle territoriale*

Choix d'une stratégie phytosanitaire ?



- Notion de **risque** et d'**impact** potentiel peu prise en compte
 - Manque d'informations ?
- Démarches existantes
 - DPR2 / Classement molécules

Caractéristiques des substances

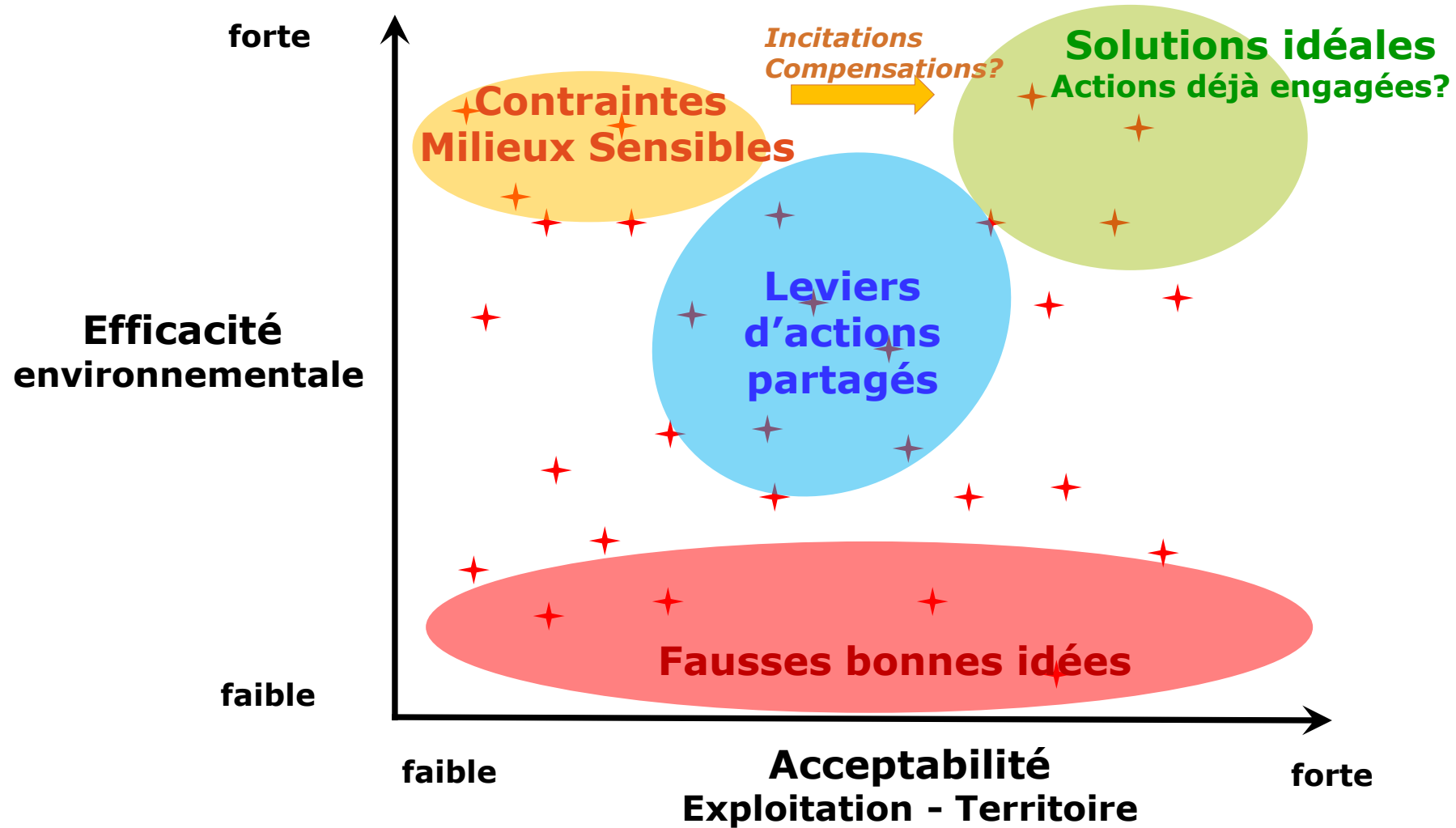
Des comportements différents ...

Substance active	CMR	Dose homologuée g/ha	Toxicité aquatique	Persistance (DT90) jours	Drainage (GUS)	Erosion	Air	Groupe Bretagne
isoxadifen-éthyl		50						1
isoxaflutole	H361	50						1
mésotrione	H361-H373	150						1
nicosulfuron		60						2**
pendiméthaline		1600						1
pethoxamide		1200						1
prosulfuron		15						1
rimsulfuron		15						1
S-métolachlore		1000						2
ESA metolachlore								

... adaptable aux enjeux

Sources: PPDB: Pesticide Properties DataBase
Index acta 2021

Choisir les leviers d'action



Merci de votre attention

patrice.cotinet@bretagne.chambagri.fr