



**HAL**  
open science

## Comparaison des performances environnementales de systèmes de monoculture de maïs irrigué : lixiviation des pesticides

L. Alleto, Simon Giuliano, François Perdrieux, Gaël Rametti, Pierre Benoit, Grégory Vericel, Eric Justes

### ► To cite this version:

L. Alleto, Simon Giuliano, François Perdrieux, Gaël Rametti, Pierre Benoit, et al.. Comparaison des performances environnementales de systèmes de monoculture de maïs irrigué : lixiviation des pesticides. 43. Congrès du Groupe Français des Pesticides, May 2013, ALBI, France. hal-01192528

**HAL Id: hal-01192528**

**<https://hal.science/hal-01192528>**

Submitted on 6 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Comparaison des performances environnementales de systèmes de monoculture de maïs irrigué : lixiviation de pesticides

Alletto Lionel, Giuliano Simon, Perdrieux François, Rametti Gaël, Benoit Pierre, Véricel Grégory, Justes Eric

43<sup>ème</sup> congrès du Groupe Français des Pesticides, 29-31 mai 2013



Avec le soutien financier de :

## CONCEPTION ET EVALUATION

### de PROTOTYPES

Propositions de  
SdC candidats

=> Réponses à  
des objectifs donnés

Ces SdC sont-ils  
prometteurs ?

de systèmes de culture  
intégrés à bas niveaux d'intrants

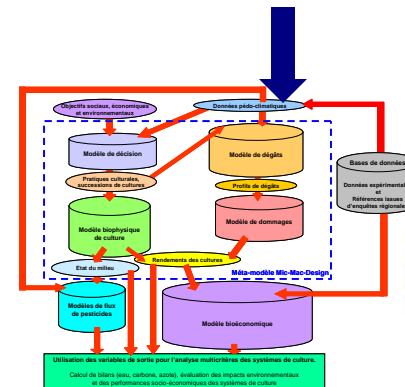
Parcelle agricole  
Systèmes de grandes cultures (sans élevage)

Quelle  
intégration  
dans les  
filières ?

## EXPERIMENTATION

## ET

## MODELISATION



RECORD

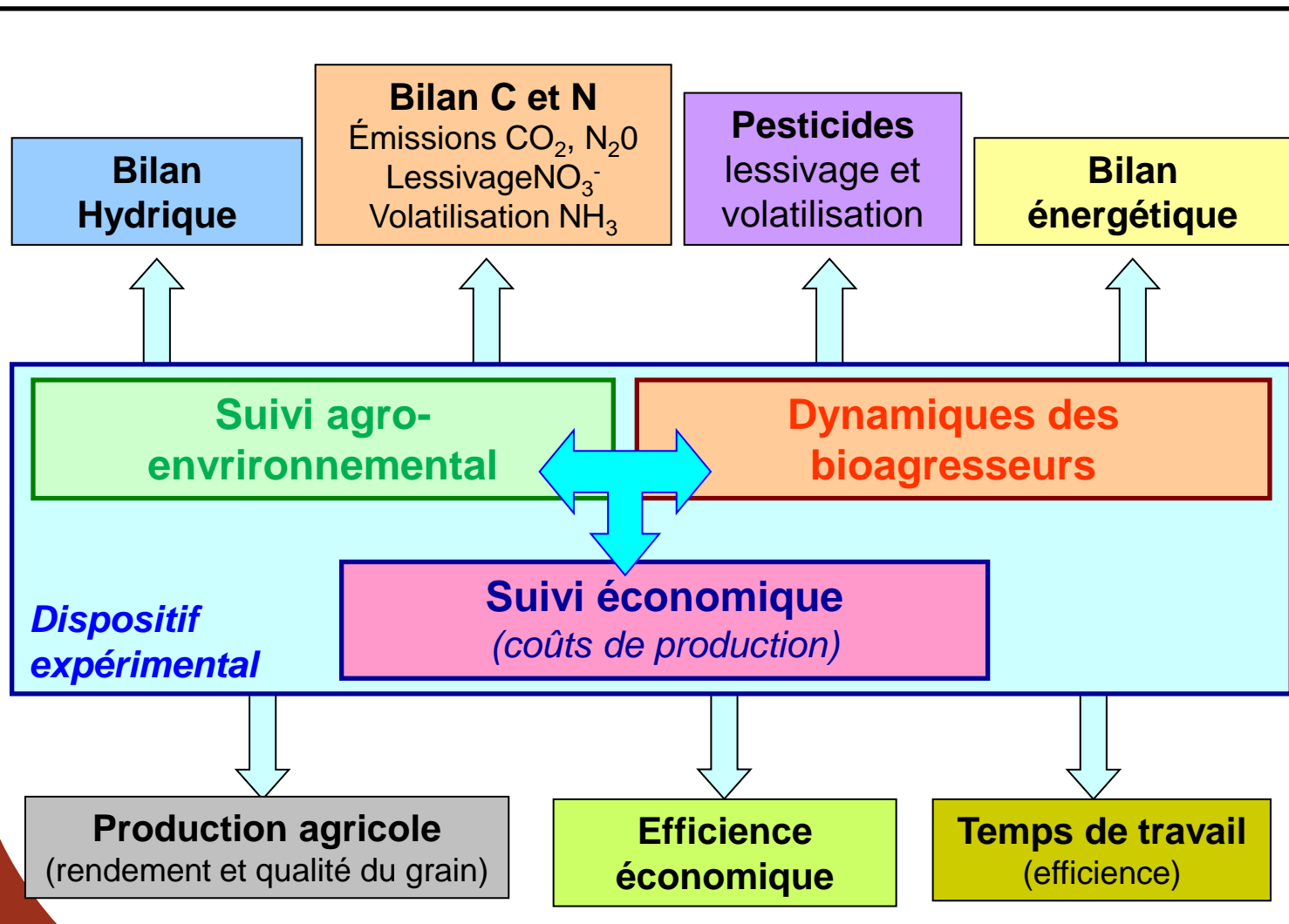
# Stratégies mobilisées

Définition d'objectifs (quantitatifs) visés pour chaque système de culture (SdC)

=> Mobilisation de leviers agronomiques pour rendre les SdC **plus autonomes vis-à-vis des intrants** et **réduire les impacts environnementaux**

- **1) Introduction de diversité biologique** afin de perturber les ravageurs et d'optimiser l'utilisation des ressources abiotiques
  
- **2) Couverture des sols durant l'interculture** implantation de cultures intermédiaires pouvant remplir des fonctions différentes selon leur place dans la rotation
  
- **3) Choix de variétés ou d'espèces adaptées aux systèmes « Bas intrants »**
  - i) Résistantes ou tolérantes aux maladies (variétés de blé et de tournesol - triticales, sorgho)
  - ii) Précoces ou mi-précoces pour limiter les besoins en eau (maïs, tournesol, sorgho)
  
- **4) Priorité au désherbage mécanique et à la lutte culturale**
  - => Faux-semis, labours, passages de herse étrille, binages
  - + stratégies d'esquive, alternance cultures hiver / printemps et rationnement de l'alimentation en eau et azote
  - => Désherbage chimique seulement en dernier recours et localisé si possible (herbi-semis, désherbinage)
  - => Seuils de nuisibilité pour les traitements fongicides ou insecticides

## Evaluation multicritères



MODELISATION (ENVIRONNEMENTALE)

## Les expérimentations agronomiques à Lamothe

### Contexte pédoclimatique

- Plaine alluviale de la Garonne : **sols très hétérogènes**, +/- caillouteux, sensibles à la battance, à tendance **hydromorphe**
- Pluviométrie moyenne : **650 mm** (fin de printemps et fin d'automne)
- Ensoleillement supérieur à **2000 heures/an**

### Lamothe en quelques chiffres

- 250 ha de SAU (maïs, blé tendre, tournesol)
- 1,2 M L de quota laitier
- 6400 poules pondeuses



Image © 2013 DigitalGlobe

Google earth

Date des images satellite : 23/5/2011 43°30'01.21"N 1°14'23.88"E élév. 180 m altitude 2.22 km

# Systemes de culture expérimentés



## Domaine de Lamothe (El Purpan)

*Site expérimental situé en plaine alluviale de la Garonne, sur boulbènes argilo-limoneux*



**Monoculture  
de maïs**  
en système **irrigué**

### Principales limites :

- même culture cultivée chaque année  
=> sélection d'une flore adventice spécifique, pression parasitaire accentuée
- sol nu durant 6 mois (d'octobre à avril)  
=> risques de lixiviation du nitrate, de transferts de pesticides vers les eaux et d'érosion
- culture très exigeante en eau  
=> système dépendant de l'irrigation et très sensible à d'éventuelles restrictions

### Objectif des prototypes « innovants »

**Préserver et valoriser la ressource en eau en conciliant une utilisation efficace des quantités disponibles et la restitution d'une eau de bonne qualité chimique dans le milieu**

**=> Réduction des fuites d'intrants vers les eaux (nitrate, pesticides).**

**=> Maintien des performances économiques de la monoculture de maïs**

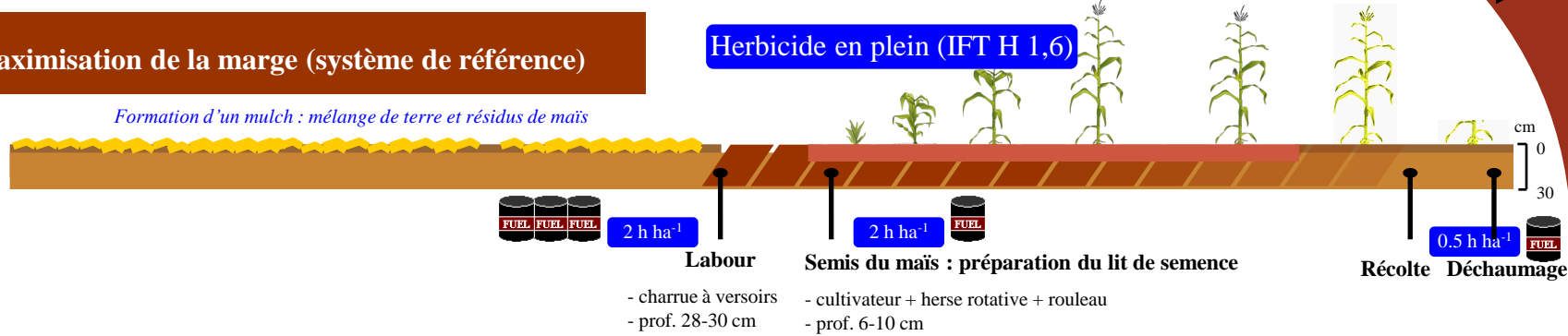
**=> Réduction des volumes d'eau prélevés pour l'irrigation**

*Interculture (7mois)*

*Culture (5 mois)*

Octobre | Novembre | Décembre | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre

# MM1 : Maximisation de la marge (système de référence)



Année	Jour/Mois	Matière active	Dose appliquée
2011	5 / 5	Métaldéhyde	1,5 kg/ha
	5 / 5	S-métolachlore	1,3 L/ha
2012	17 / 4	Métaldéhyde	3 kg/ha
	3 / 5	S-métolachlore + Mésotrione + Bénoxacor	3,7 L/ha
	1 / 6	Nicosulfuron Mésotrione	1,3 L/ha 1,5 L/ha

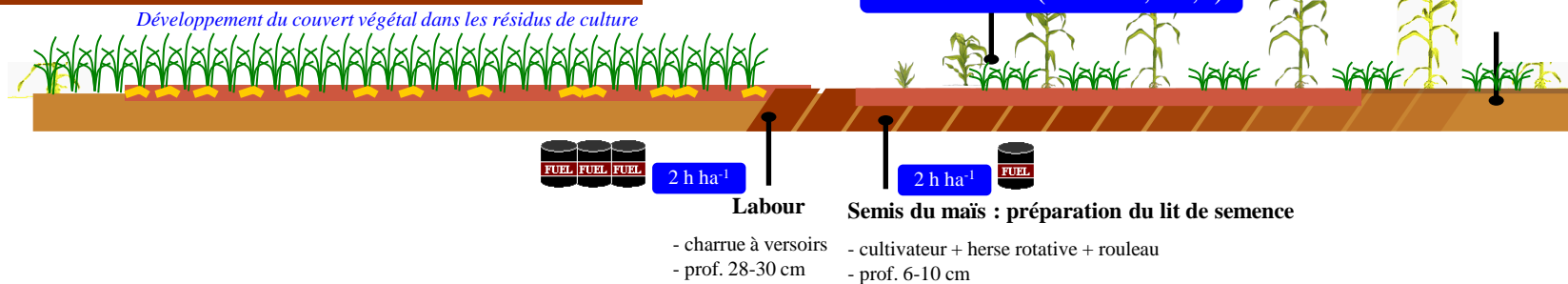
*Interculture (7mois)*

*Culture (5 mois)*

Octobre | Novembre | Décembre | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre

## MM2 :

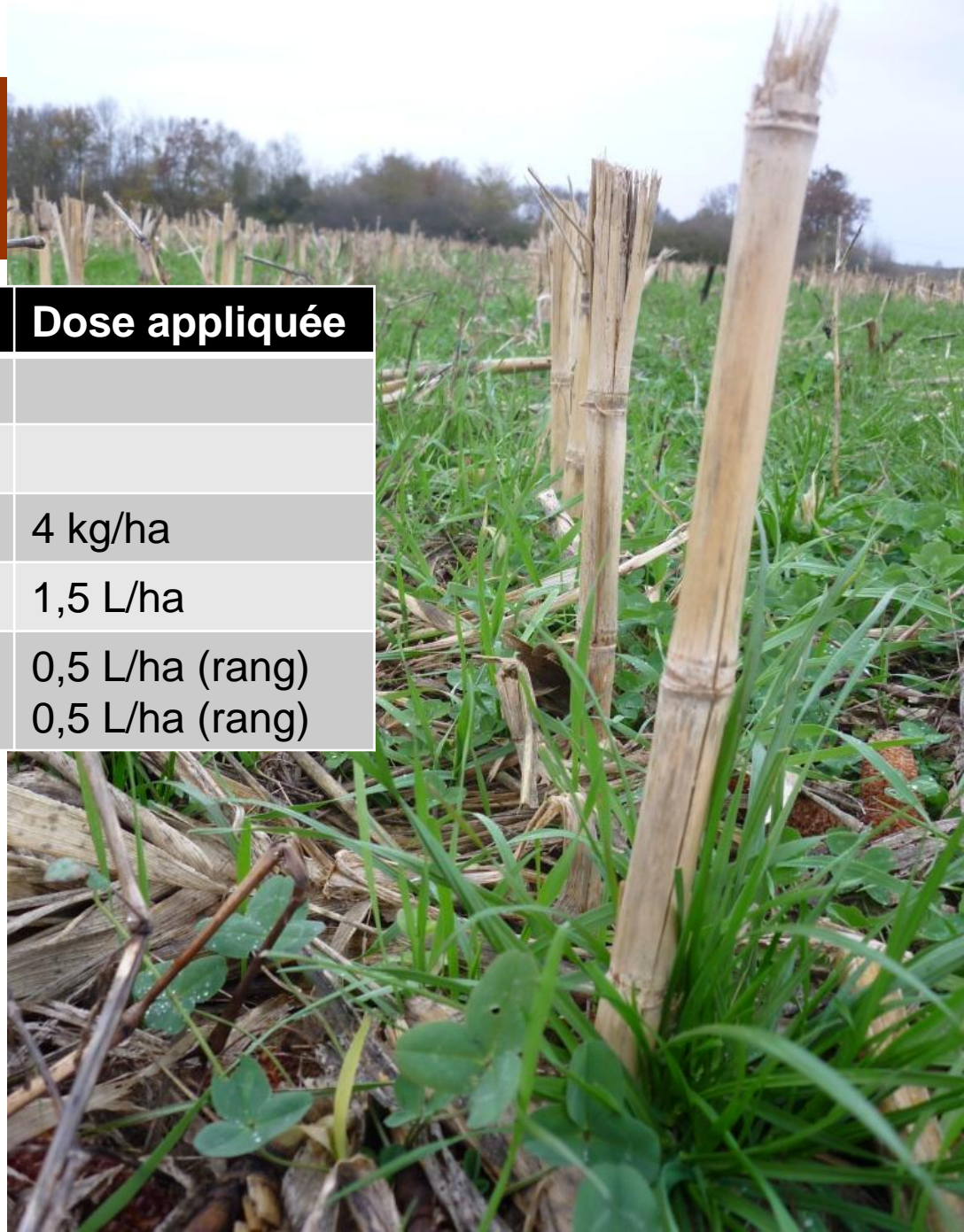
- i. Réduction de l'usage des herbicides (50 %)
- ii. Réduction des fuites de nitrate (et de pesticides)
- iii. Maintien de la marge semi-nette



## MM2 :

- i. Réduction de l'usage des herbicides (50 %)
- ii. Réduction des fuites de nitrate (et de pesticides)
- iii. Maintien de la marge semi-nette

Année	Jour/Mois	Matière active	Dose appliquée
2011	-	-	
2012	9 / 5	Métaldéhyde	4 kg/ha
	16 / 5	Mésotrione	1,5 L/ha
	11 / 6	Nicosulfuron Mésotrione	0,5 L/ha (rang) 0,5 L/ha (rang)



Interculture (7 mois)

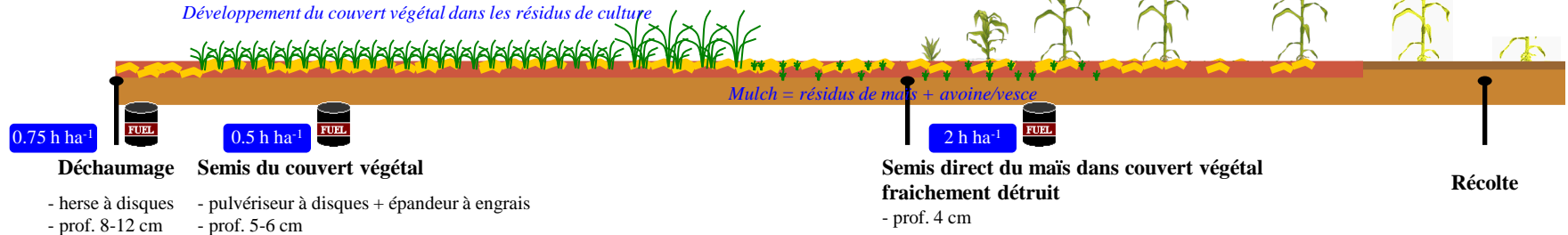
Culture (5 mois)

Octobre | Novembre | Décembre | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre

## MM3 :

- i. Economie d'énergie (40 % du fuel de MM1)
- ii. Réduction du temps de travail
- iii. Réduction des fuites de nitrate (et de pesticides)

Développement du couvert végétal dans les résidus de culture





<b>Année</b>	<b>Jour/Mois</b>	<b>Matière active</b>	<b>Dose appliquée</b>
2011	5 / 4	Glyphosate	4 L/ha
	5 / 5	Nicosulfuron	1,5 L/ha
2012	3 / 5	S-métolachlore + Mésotrione + Bénéoxacor	3,8 L/ha
	9 / 5	Métaldéhyde	4 kg/ha
	1 / 6	Nicosulfuron Mésotrione	1,3 L/ha (rang) 1,5 L/ha (rang)

*Interculture (7mois)*

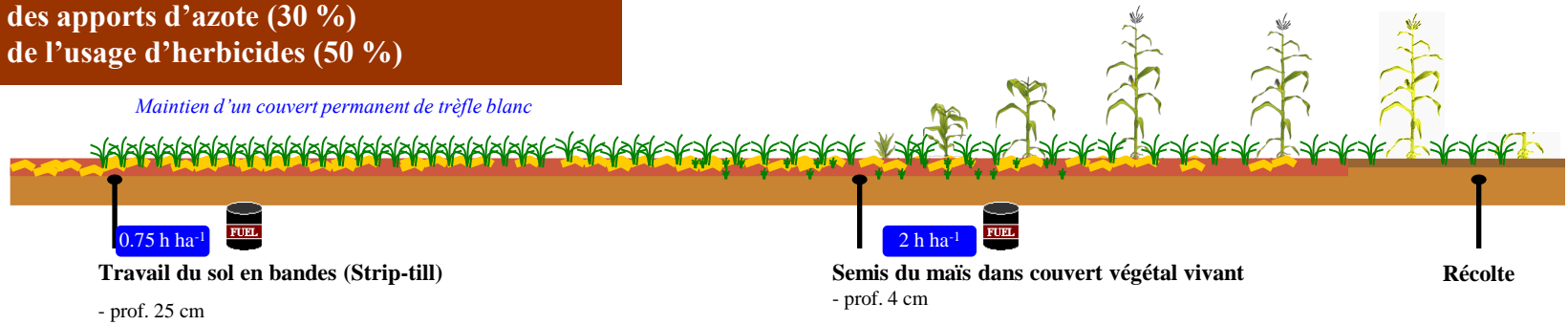
*Culture (5 mois)*

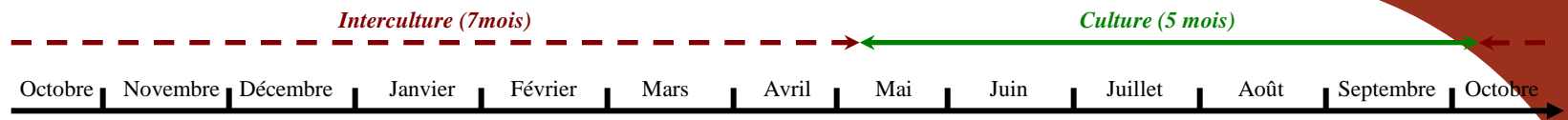
Octobre | Novembre | Décembre | Janvier | Février | Mars | Avril | Mai | Juin | Juillet | Août | Septembre | Octobre

## MM4 :

- i. Economie d'énergie (40 % du fuel de MM1)
- ii. Réduction des apports d'azote (30 %)
- iii. Réduction de l'usage d'herbicides (50 %)

*Maintien d'un couvert permanent de trèfle blanc*





## MM4 :

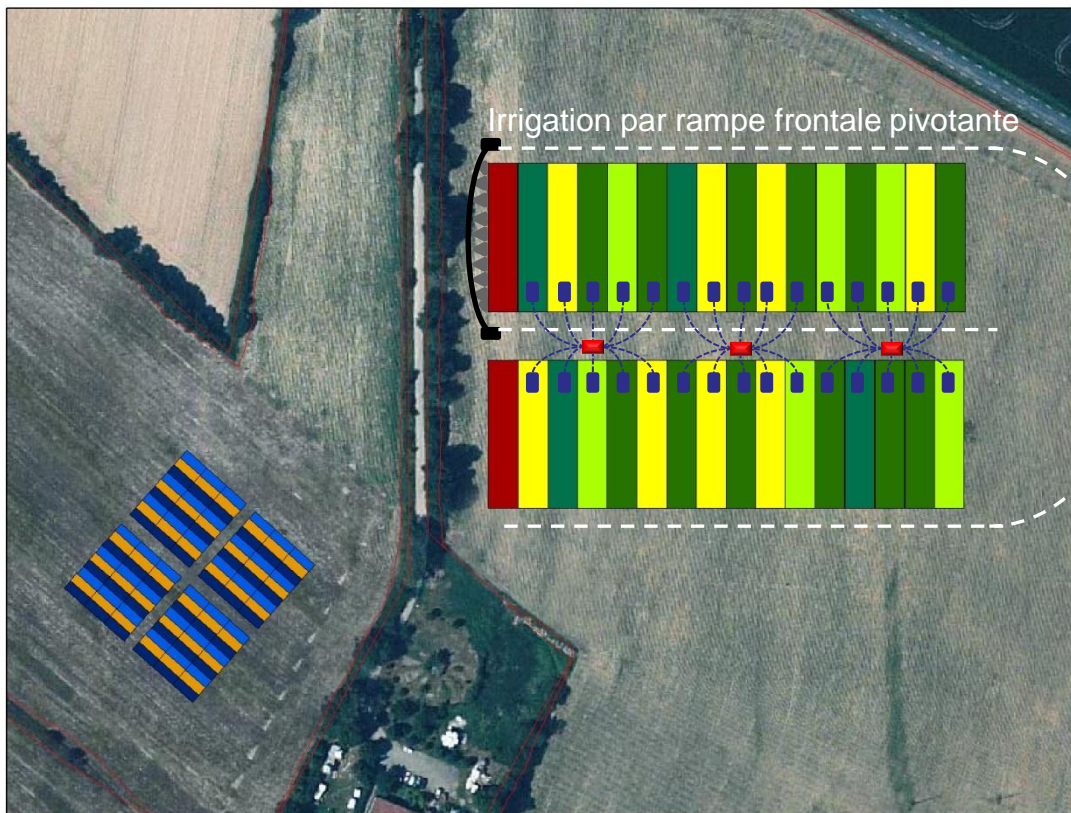
- i. Economie d'énergie (40 % du fuel de MM1)
- ii. Réduction des apports d'azote (30 %)
- iii. Réduction de l'usage d'herbicides (50 %)

Année	Jour/Mois	Matière active	Dose appliquée
2011	5 / 5	Nicosulfuron	1,5 L/ha
2012	28 / 2	Glyphosate	1,5 L/ha
	15 / 5	Bentazone	0,8 kg/ha
	25 / 5	Bentazone	0,8 kg/ha
	1 / 6	Nicosulfuron	1,5 L/ha



# Suivis agroenvironnementaux

# Essais agronomiques mis en place à Lamothe



Irrigation par rampe frontale pivotante

- Fosse instrumentée
- Abri de collecte des données

## Détail des équipements d'une fosse



**Plaque lysimétrique** (x1) (profondeur : 1 m)  
→ collecte des eaux de drainage (analyse de solutés)  
Reliée à des pompes localisées dans les abris de collecte (= vidange à distance)



**Sondes de teneur en eau** (x4) (profondeur : 0,20 ; 0,50 et 1 m)  
→ Mesure de la teneur en eau volumique du sol en continu  
Reliées à des centrales Campbell CR1000 localisées dans les abris de collecte



**Tensiomètres électroniques** (x4)(profondeur : 0,20 ; 0,50 et 1 m)  
→ Mesure du potentiel hydrique du sol en continu  
Reliés à des centrales DL2e localisées dans les abris de collecte



**Sondes de température** (x3)(profondeur : 0,20 ; 0,50 et 1 m)  
→ Mesure de la température du sol en continu  
Reliées à des centrales Campbell CR1000 localisées dans les abris de collecte

## Equipements en surface...



**Pluviomètre électronique** (x9)  
→ Contrôle de la variabilité de l'irrigation  
Reliées à des centrales Campbell CR1000 localisées dans les abris de collecte

### Parcelles Micmac

- Présentation/pédagogie
- Maestria
- Monoculture de maïs
- Rotation courte
- Rotation longue

### Parcelles Thèse - Blé dur

- Isildur
- Néfer
- Joyau



0 15 30 60 90 120 Mètres

1 Centimètre = 10 Mètres

Auteur : Simon Giuliano  
Date : 4 janvier 2011  
Données : El Purpan, IGN

# Installation du dispositif



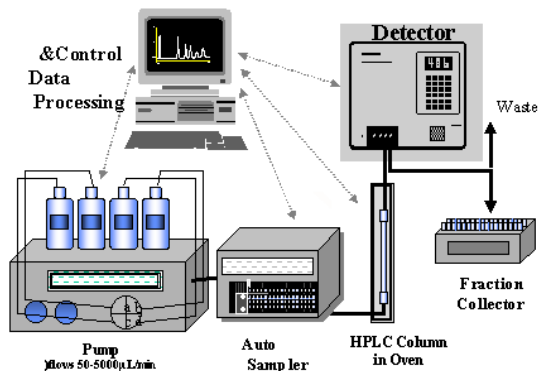
# Installation du dispositif

Suivi des transferts hydriques et  
de nitrate / pesticides

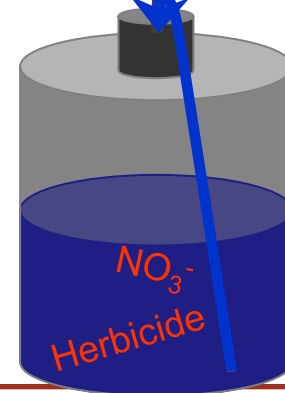
**=> Pollution par drainage**



# Dispositif de suivi quantitatif et qualitatif des eaux de drainage



Quantification du drainage + échantillon pour analyses phytos / nitrate





# Installation du dispositif



- **Tours de plaines réguliers**

- **Plantes**

- Mesures phénologiques (levée, 12F, flo, mat)
- Mesures de développement végétatif (biomasses, composantes de rendement, taux azote)
- Indice de nutrition azotée
- Rayonnement photosynthétique (capteurs PAR)

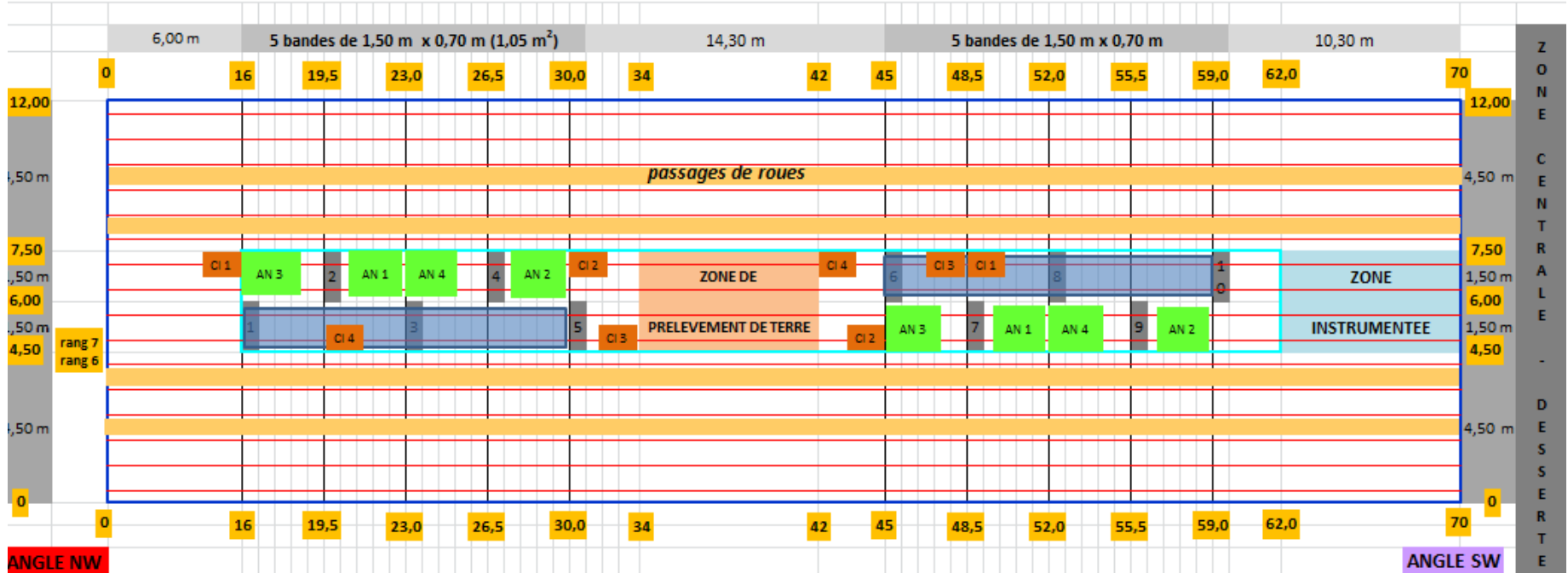
- **Bioagresseurs**

- Suivi adventices (comptages et biomasses)
- Suivi maladies et ravageurs





Localisation des bandes de comptage d'adventices, prélèvements de biomasse et de terre (parcelles NORD - 1 à 15)



ANGLE NW

ANGLE SW

- rang (maïs)
- 1 placettes de relevé d'adventices ( $1,50 \times 0,70 \text{ m} = 1,05 \text{ m}^2$ ), avec, éventuellement, sous placettes de  $0,525 \text{ m}^2$  et  $0,2625 \text{ m}^2$
- AN 3 placettes de prélèvement ( $1 \times 1 \text{ m}$  ;  $1,60 \times 0,625 \text{ m}$  pour maïs : 2 rangs) pour mesure de biomasse adventices et culture (à floraison et à maturité), tournantes sur 4 ans
- Zones de récolte moissonneuse expérimentale :  $1,40 \times 8 = 11,2 \text{ m}^2$
- CI 4 placettes de prélèvement (environ  $1 \text{ m}^2$ ) pour mesure de biomasse des cultures intermédiaires, tournantes sur 4 ans

- **Mesure de la conductivité hydraulique du sol**
  - ▶ **Effet du système de culture**
  - ▶ **Effet du désherbage mécanique**
  - ▶ **Evaluation de la dynamique temporelle**



- **Volatilisation d'herbicides**  
(UMR EGC Grignon)



**Système MM3 : Strip-till  
+ couvert végétal (vesce –  
avoine)**

# Premiers résultats

...

2,5 années de flux d'eau et de pesticides  
dans les monocultures de maïs

# Drainage et lixiviation de pesticides

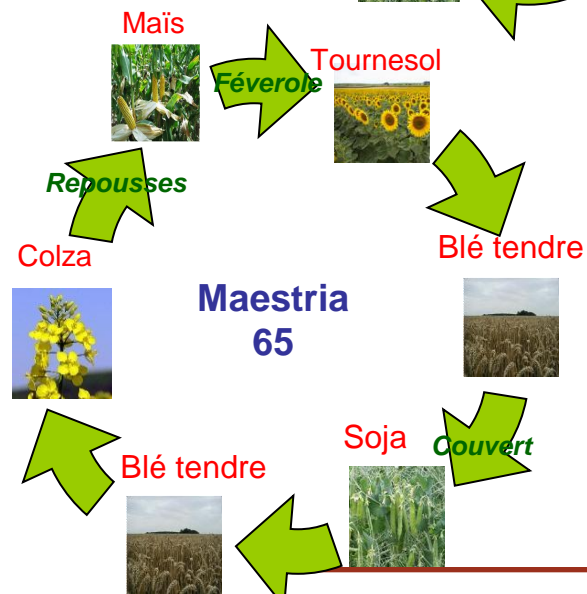
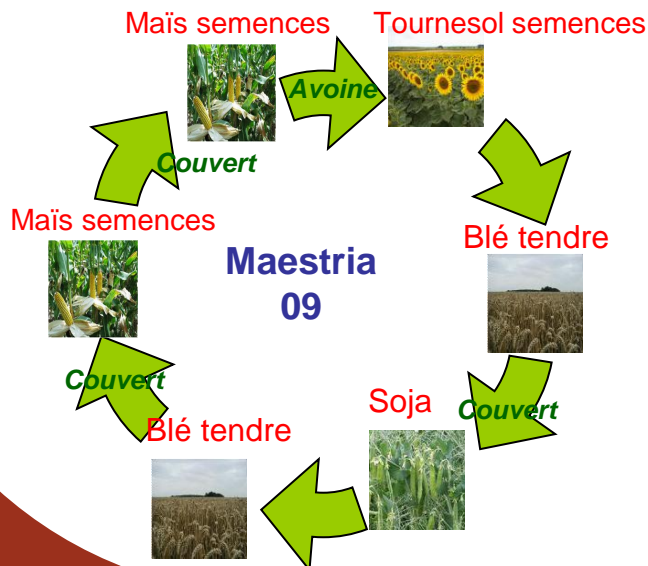
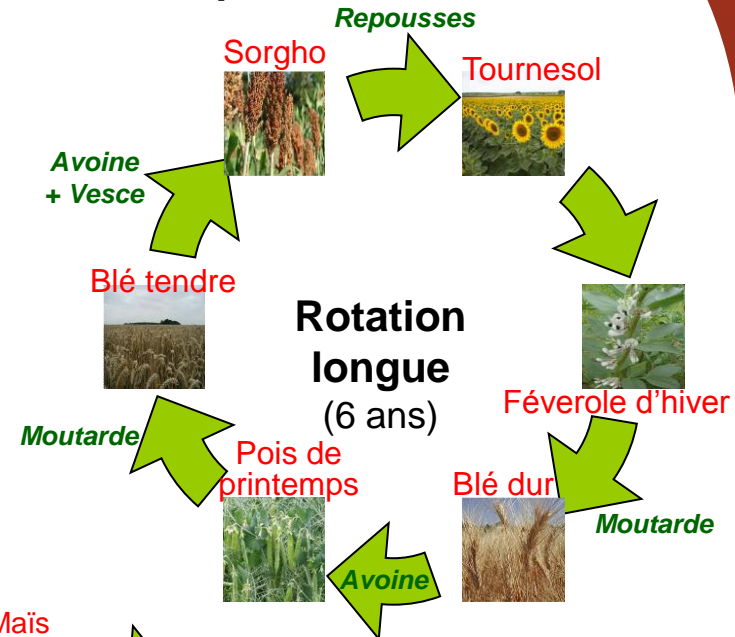
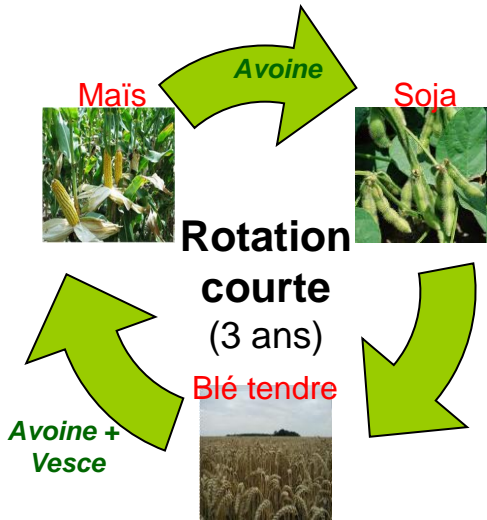
Année	Modalité	Molécule	[ C ] µg L <sup>-1</sup>	Drainage cumulé (mm)	JAT	Pertes cumulées (% dose appliquée)
2011	MM1	SMOC	0,04	18,8	136	< 0,001
	MM2	∅				
	MM3	Nicosulfuron	0,05	35,7	142	< 0,001
	MM4	Nicosulfuron	0,03 – 0,05	78,8	138	< 0,001
2012	MM1	Mésotrione	0,24 – 0,40	53,3	41 à 97	0,2
		SMOC	0,03 – 0,25			0,03
		Nicosulfuron	0,02 – 0,05			< 0,001
		Métaldéhyde	0,02			< 0,001
MM2	Nicosulfuron	1,15	75,3	36	0,3	
	SMOC	0,01			0,04	
	Métaldéhyde	0,03			< 0,001	
MM3	AMPA	0,05 – 0,4	62,8 – 128	303 à 491	0,3	
	Glyphosate	0,03 - 0,05			< 0,001	
	SMOC	1,3 – 7,1			125	1,7
	Mésotrione	1,0 – 2,7			41	1,2
MM4	AMPA	0,05 – 0,08	64 – 198	9 – 162	< 0,001	
	Glyphosate	< LOQ			< 0,001	
	Nicosulfuron	2,2 – 3,6			68	0,01
	Bentazone	8,7 – 11,5				2,0

- ▶ **Toutes les matières actives appliquées en maïs ont été quantifiées dans au moins 1 épisode de drainage**
- ▶ **Pertes les plus élevées :**
  - Bentazone : 0,5 – 2 % de dose appliquée**
  - SMOC : 0,5 – 1,7 % de dose appliquée**
  - Mésotrione : 0,2 – 1,2 % de dose appliquée**
- ▶ **Matières actives les plus appliquées dans les SdC testés**
- ▶ **Systeme en Strip-till ou Semis direct plus émetteurs d'herbicides à 1 m**
  - > phase de transition ??
  - > forte variabilité latérale liée au travail du sol = lien avec  $K(h)$  : flux préférentiel dans la macroporosité ?
  - ▶ **Travaux de modélisation en cours : Jésus MARIN BENITO (INRA EGC)**
- ▶ **Systeme prometteur : localisation des herbicides sur ligne de semis + couvert végétal en inter-rang (MM2)**
  - ▶ **Travaux en cours « Effets des CI sur le devenir d'herbicides » : Ana CASSIGNEUL (INPT-Purpan / INRA AGIR)**

▶ Suivi en cours pour une 3<sup>ème</sup> année de culture de maïs

▶ Evaluation environnementale de 4 autres SdC construits à partir de MM1

### Cultures en rotation



**TO BE  
CONTINUED** 





Ecole d'ingénieurs

**Merci pour votre attention !**

