

PROJET REGIONAL

SYSTEMES DE CULTURE INNOVANTS (SDCI)

AGRICULTURES
& TERRITOIRES
CHAMBRE D'AGRICULTURE
Aquitaine - Limousin
Poitou-Charentes

SYNTHESE GROIES IRRIGUEES

Janvier 2016

↳ SDCI CHARENTE (ORADOUR)



DEUX NIVEAUX D'ANALYSES

➤ Niveau I : Les SdCi limitent-ils l'usage et les transferts d'azote minéral et de produits phytosanitaires vers l'eau ?

⇒ Indicateurs "Economie d'intrants"

- Produits phytosanitaires : IFT, QSA
- Azote : Quantité d'N utilisée, EQUIF
- Eau : consommation en eau (mm/ha/An)

⇒ Indicateurs "Qualité de l'eau"

- Risque de transfert
- Quantité d'N lixiviée, concentration en NO₃⁻ dans l'eau percolée

➤ Niveau II : Les SdCi, tout en vérifiant le niveau I d'analyse, répondent-ils à tous les enjeux de la durabilité ?

⇒ Indicateurs "Productivité"

- Rendement
- Qualité des produits récoltés

⇒ Indicateurs "Agronomie"

- Maîtrise des bio-agresseurs
- Analyse de sol

⇒ Indicateurs "Economie"

- Produit brut
- Charges opérationnelles
- Marge brute
- Coûts de mécanisation
- Marge semi-nette

⇒ Indicateurs "Social"

- Temps de travail
- Nombre de passages
- Toxicité des produits phytosanitaires

⇒ Indicateurs "Energie/Environnement"

- Consommation de carburant
- Efficience énergétique
- Emissions GES

DONNEES ECONOMIQUES UTILISEES POUR L'EVALUATION

L'évaluation du système innovant a été réalisée en 2014.

Les données économiques utilisées dans les calculs sont les suivantes :

Coûts Engrais Minéral (€/q)	Ammonitrate 33,5 %	30
	Solution azotée 39%	23
	Urée 46 %	30
	Chlorure de potassium (60%) 18/46/0	40 45
Prix de ventes cultures (€/t)	Blé dur	215
	Blé tendre	170
	Colza	370
	Maïs grain	180
	Orge printemps	160
	Pois printemps	200
	Tournesol	370
Prix « moyen » de l'eau (€/mm)	0.8 euros / mm utilisé	

Ces données représentent une moyenne des prix observés sur l'ensemble de la durée de l'essai : 2008 ⇒ 2013.



L'OBSERVATOIRE REGIONAL POUR COMPARER LES RESULTATS

En parallèle aux tests des SdCi, un Observatoire des Systèmes de Culture a été créé pour obtenir des références régionales sur des SdC "locaux dominants" en Poitou-Charentes.

Ces références, enregistrées via l'outil Systerre, sont issues d'une collaboration de conseillers agricoles de différentes structures (*chambres d'agriculture, coopératives, négoce*).

L'évaluation de ces systèmes permet d'élaborer des références locales qui serviront ensuite à juger les performances des systèmes innovants testés.

Références disponibles pour l'essai de Charente

La sélection des systèmes irrigués "locaux dominants" sur groies a permis de retenir deux systèmes de références :

- ⇒ monoculture de maïs grain (6 références disponibles : n=6)
- ⇒ maïs grain (2 à 3 ans) – blé tendre (2 références disponibles : n=2)

Bibliographie : Papin F. 2013. Développement et pérennisation d'un observatoire régional de systèmes de culture en région Poitou-Charentes. Mémoire de fin d'étude, ESA Angers, 81p.



LE SYSTEME « CLASSIQUE » DE L'AGRICULTEUR

Le système innovant sera comparé au « système classique » de l'agriculteur conduit avant et pendant la durée de l'essai (parcelles à proximité), composé de 4 maïs grain et 1 orge de printemps :

- ⇒ Maïs grain - Maïs grain - Maïs grain - Orge printemps - Maïs grain



POUR ALLER PLUS LOIN ... QUELS SONT LES RESULTATS DANS UN CONTEXTE DE DIMINUTION DE LA DISPONIBILITE EN EAU ?

Si le volume d'eau est garanti et abondant, la monoculture de maïs grain est souvent économiquement la plus rentable pour un prix de vente du maïs compris entre 140 et 220 €/t.

Etude d'une limitation du volume d'eau disponible

Evaluation du comportement économique du système « innovant » et des références dans un contexte similaire de disponibilité en eau :

- ⇒ à l'échelle de la rotation, le SdCi consomme **120 mm d'eau/ha/an**, soit **600 mm d'eau pour les 5 cultures** (-200 mm/an sur maïs, -60 mm/an pour les autres cultures ; 600 mm = volume utilisé sur 5 ha)
- ⇒ dans les faits, ce volume de 600 mm peut être réparti « équitablement » entre les cultures selon les périodes ou réservé à certaines cultures comme le maïs grain (*choix opéré dans la majorité des situations*)

Systèmes évalués et répartition des 600 mm d'eau disponible

- Système Innovant de Charente
 - ⇒ eau destinée au maïs + 1 à 2 tours sur autres cultures
- Système 1. « monoculture maïs grain »
 - ⇒ répartition « équitable » : 120 mm/ha/an
 - ⇒ **rendement pénalisé** du maïs grain
- Système 2. « maïs grain - maïs grain - maïs grain - blé tendre »
 - ⇒ eau disponible sur maïs ; blé tendre cultivé en « sec »
 - ⇒ 200 mm/ha/an sur maïs

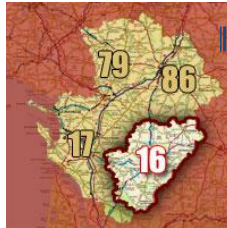


Une analyse de la robustesse des systèmes vis-à-vis des fluctuations des prix de l'azote et de vente des cultures est ensuite réalisée sur ces systèmes avec une ressource en eau limitée.

Contexte pédoclimatique des SdCi "grandes cultures sec" sur argilo-calcaire

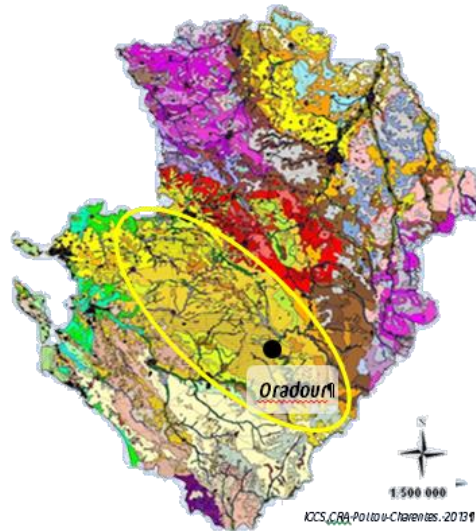
L'ESSAI D'ORADOUR

➤ Localisation : Oradour (Charente, 16)



➤ Caractéristiques pédologiques de l'essai

- Argilo-calcaire sur calcaire dur, moyennement profond,
- sain, non hydromorphe,
- teneur élevée de matière organique et cailloux en surface,
- Réserve Utile limitée



Localisation	Roche mère	Couleur	Texture de surface	Réserve Utile (mm)	Profondeur
Plaine	Calcaire dur plus ou moins fissuré	Brun rouge	Limono argileuse	80 - 100 mm	80 cm

Analyse physico-chimique de l'horizon de surface (0-20 cm)

Caractères	Argile	Limon fin	Limon grossier	sable	MO	pH	Cailloux	Calcaire total
Valeurs	30 %	30 %	22 %	18%	5%	8	15-20 %	311 g/kg

Environnement des parcelles

- plaine céréalière,
- pas de haies à proximité



➤ Caractéristiques climatiques (Tusson - Angoulême)

⇒ Climat océanique

- hivers doux / étés chauds
- T°C moyenne annuelle : 11°C
- déficit hydrique souvent d'avril à octobre, mais peu important pendant l'essai

Années	Précipitations	Moyenne 6 ans	Médiane 25 ans
2008	935 mm	800 mm	775 mm
2009	660 mm		
2010	710 mm		
2011	650 mm		
2012	852 mm		
2013	973 mm		

Rotations testées

Le schéma global représentant la rotation permet d'avoir une vision sur les cultures mises en place ainsi que les grandes stratégies adoptées de gestion des cultures et de l'interculture.



Les rotations initiales étant les suivantes :



Schémas décisionnels

Pourquoi je fais ?

Comment je décide ?



Voilà les deux questions auxquelles va répondre le schéma décisionnel.

Les interventions sont justifiées par des règles de décisions regroupées dans des schémas décisionnels caractérisant une stratégie spécifique :

- maîtrise des adventives
- maîtrise des maladies/ravageurs
- alimentation en azote, phosphore, potassium et soufre.

Chaque intervention est soit systématique (trait plein) soit non systématique (trait pointillé). Des règles de décisions précises les conditions d'interventions.

Ces schémas permettent d'avoir une vision des combinaisons sur le court et le long terme. Ils sont construits autour des objectifs et des attentes de l'agriculteur et chaque règle de décisions est classée en fonction de son mode d'action.

Système de culture pratiqué

Comment j'ai fait ?

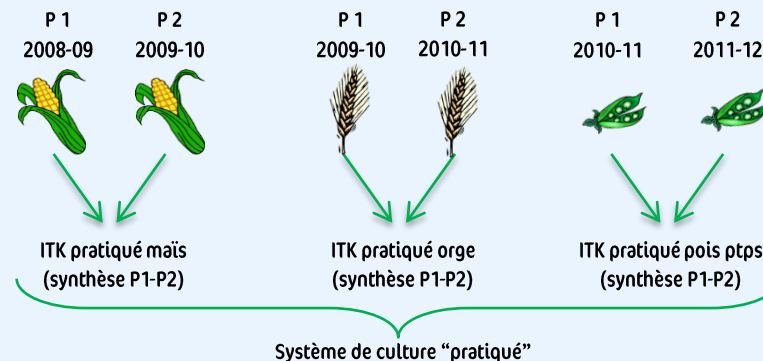
Le SdC dit "pratiqué" permet de synthétiser les pratiques réalisées sur les parcelles de l'expérimentation. La notion de fréquence est appliquée pour les interventions non systématiques.

Il constitue la **traduction technique** du schéma décisionnel. C'est-à-dire que derrière chaque intervention, le système de culture pratiqué indique un produit phytosanitaire utilisé, un outil, etc.

C'est à partir de ce système que l'évaluation a été réalisée.

Exemple

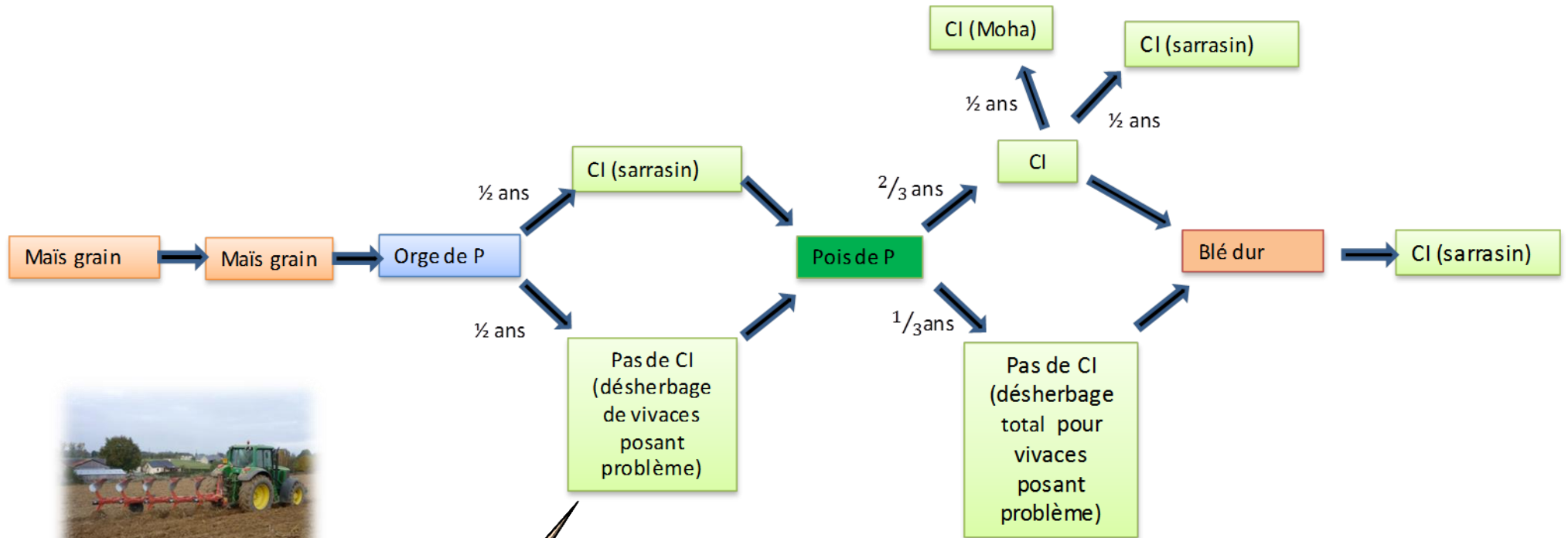
ITK réalisés



Exemple de représentation d'un système de culture pratiqué

Itinéraire technique	Orge	Pois de printemps
Interculture précédente		1x/10 : pas de CI si avoine à chapelet et chardons -Déchaumage à disques 15/07 -Glypho (2,8L/ha) 15/09 (destruction des chardons stade bouton) -Déchaumage à disques (12/10) -Glypho (3L/ha) 10/12 (destruction de l'avoine à chapelet) 9x/10 : Implantation d'un couvert -Déchaumage à disques 15/07 -Semis 25/08 (Semoir-déchaumeur TCS Cokerling) Moutarde 10kg/ha Broyage 05/12 (rdt : 2 t MS/ha)
Travail du sol	-Déchaumage à dents 01/08 -Déchaumage à disques 01/09 -Déchaumage à dents 01/10 -Roulage pour niveller (1/2) 26/10	1x/10 : cf interculture 9x/10 : -Labour 20 cm 15/12 -Reprise de labour vibroflex 01/02 -Roulage 10/02
Semis et variété	-Semis 28/10 (HR+Semoir à sabots) Variété Laverda 80,5 kg/ha / Traitement de semence : Gaucho -Roulage pour appuyer le sol sur la graine (1/2) 29/10	-Semis 15/02 semoir TCS Cokerling 110g/m ² soit 245kg/ha Variété : Rocket 260 kg/ha (115 gr/m ²)

Essai de Charente : rotation testée



Depuis 2012, obligation de couverture des sols (Directive Nitrates), cette modalité n'est plus praticable.

Essai de Charente : rotation testée



COUVERT VÉGÉTAL

- ✓ Mélange céréale-légumineuse (azote pour maïs)
- ✓ Compétitivité du couvert sur adventices

- ✓ TCS ou Semis direct
- ✓ 1 Désherbage sortie hiver
- ✓ 1 Fongicide DFE
- ✓ 3 Apports d'azote (190 u N/ha)
- ✓ Irrigation si nécessaire (0 à 60 mm)

Blé dur

COUVERT VÉGÉTAL

- ✓ Espèce en pure (moha ou sarrasin)
- ✓ Récolte si possible du couvert

- ✓ Labour
- ✓ 2 Passages d'herbicides (anti-dicots)
- ✓ 1 à 2 Fongicides DFE (1/2 ou 3/4 dose)
- ✓ 1 Insecticide
- ✓ Irrigation si nécessaire (0 à 60 mm)

**Pois
printemps**

COUVERT VÉGÉTAL

- ✓ Espèce en pure (moha ou sarrasin)
- ✓ Récolte si possible du couvert
- ✓ Fertilisation azotée limitée
- ✓ Désherbage possible

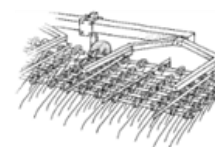
Orge printemps

**SdCI
ORADOUR**

Maïs grain

- ✓ Labour + reprise
- ✓ Désherbage mécanique (herse étrille, bineuse)
- ✓ 1 à 2 désherbages (selon possibilité désherbage mécanique)
- ✓ Apports d'effluents organiques (75 u N/ha)
- ✓ 2 apports en minéral (60+100 u N/ha)
- ✓ Irrigation : 180 - 200 mm (6-7 tours d'eau de 30 mm)

Maïs grain



- ✓ Semis Direct
- ✓ 1 Désherbage total avant semis ou 1 passage au printemps
- ✓ 2 Fongicides (feuillage + épis)
- ✓ 2 Apports d'azote (130 u N/ha + soufre)
- ✓ Irrigation si nécessaire (0 à 60 mm)



- Diversification de la rotation par le pois de printemps, le blé dur et l'orge de printemps brassicole

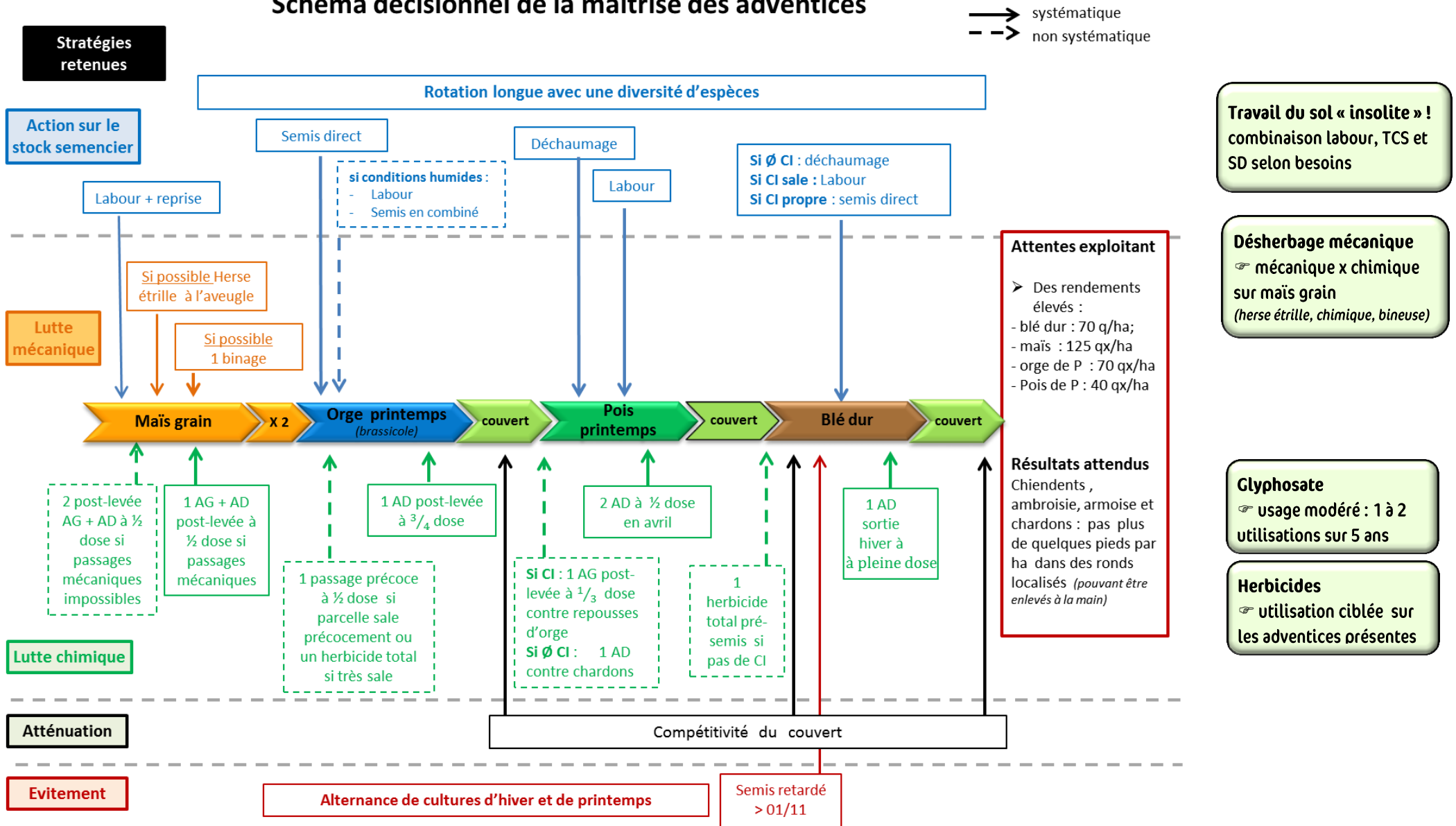
- 2 Couverts avec objectif « récolte grains »

- Désherbage mécanique sur maïs grain

- 3 Labours sur 5 ans
- 1 Semis direct
- 1 Implantation en TCS

- Apport de compost

Schéma décisionnel de la maîtrise des adventices

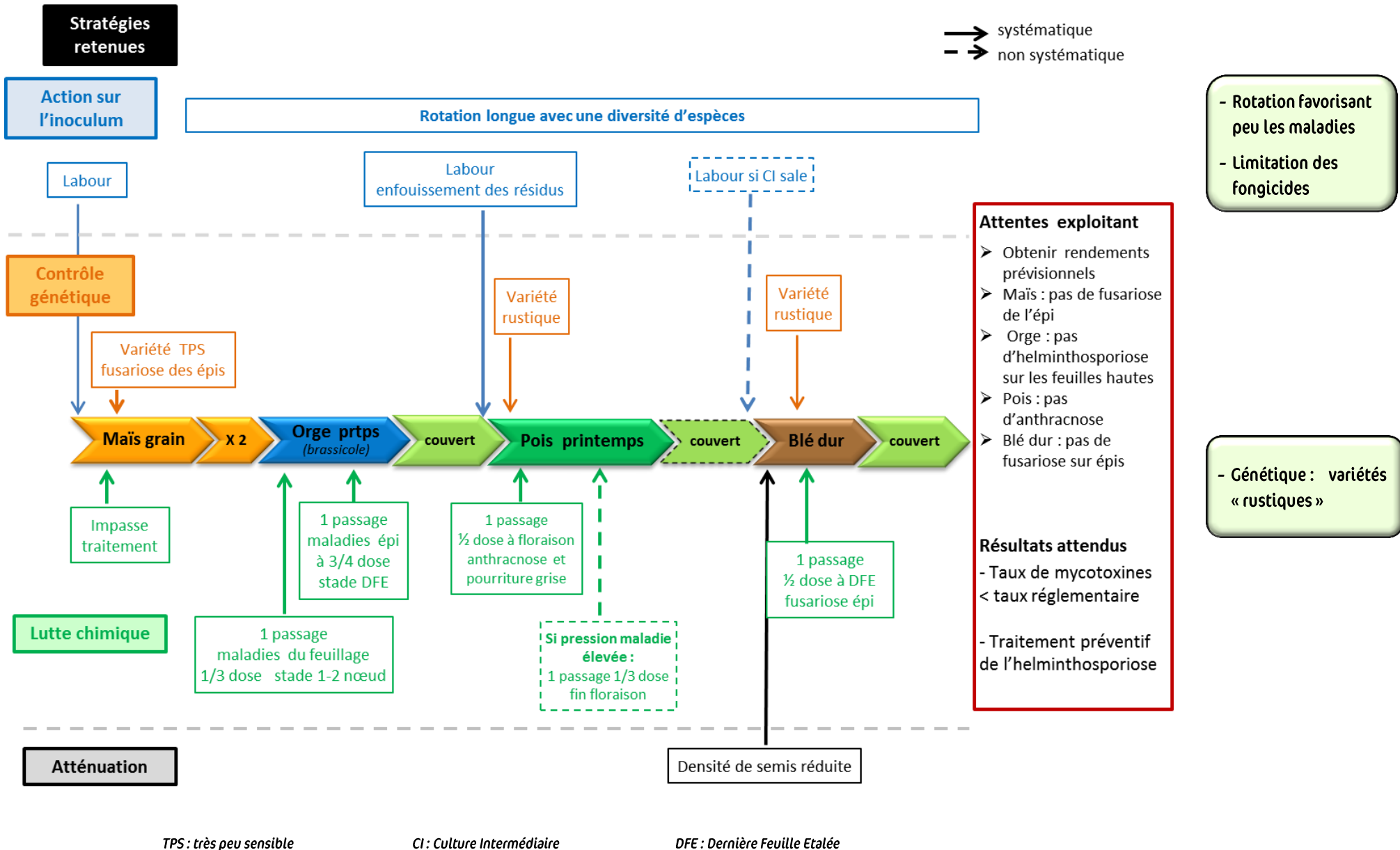


AG : Anti-Graminées

AD : Anti-Dicotylédones

CI : Culture Intermédiaire

Schéma décisionnel de la maîtrise des maladies



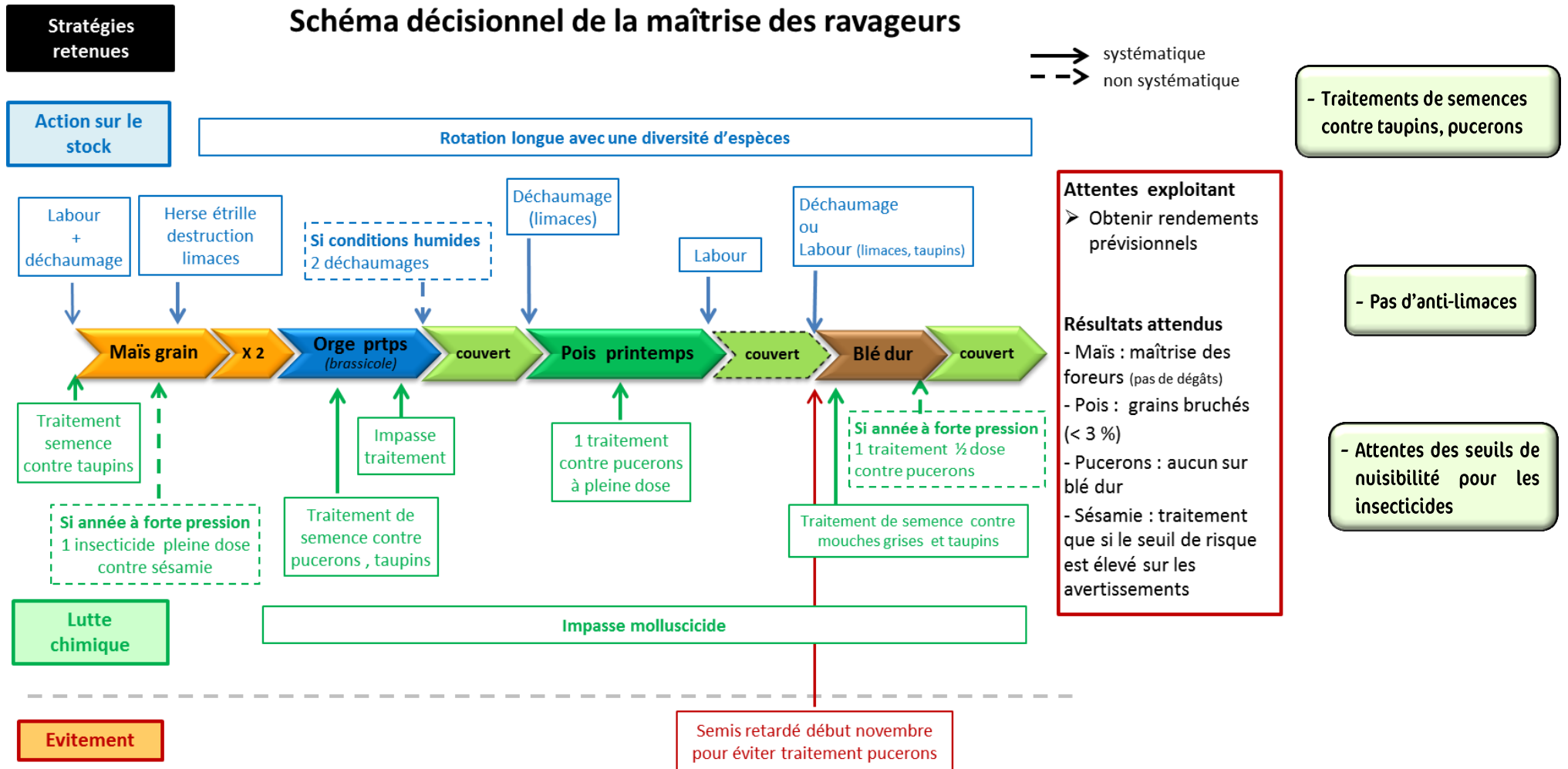
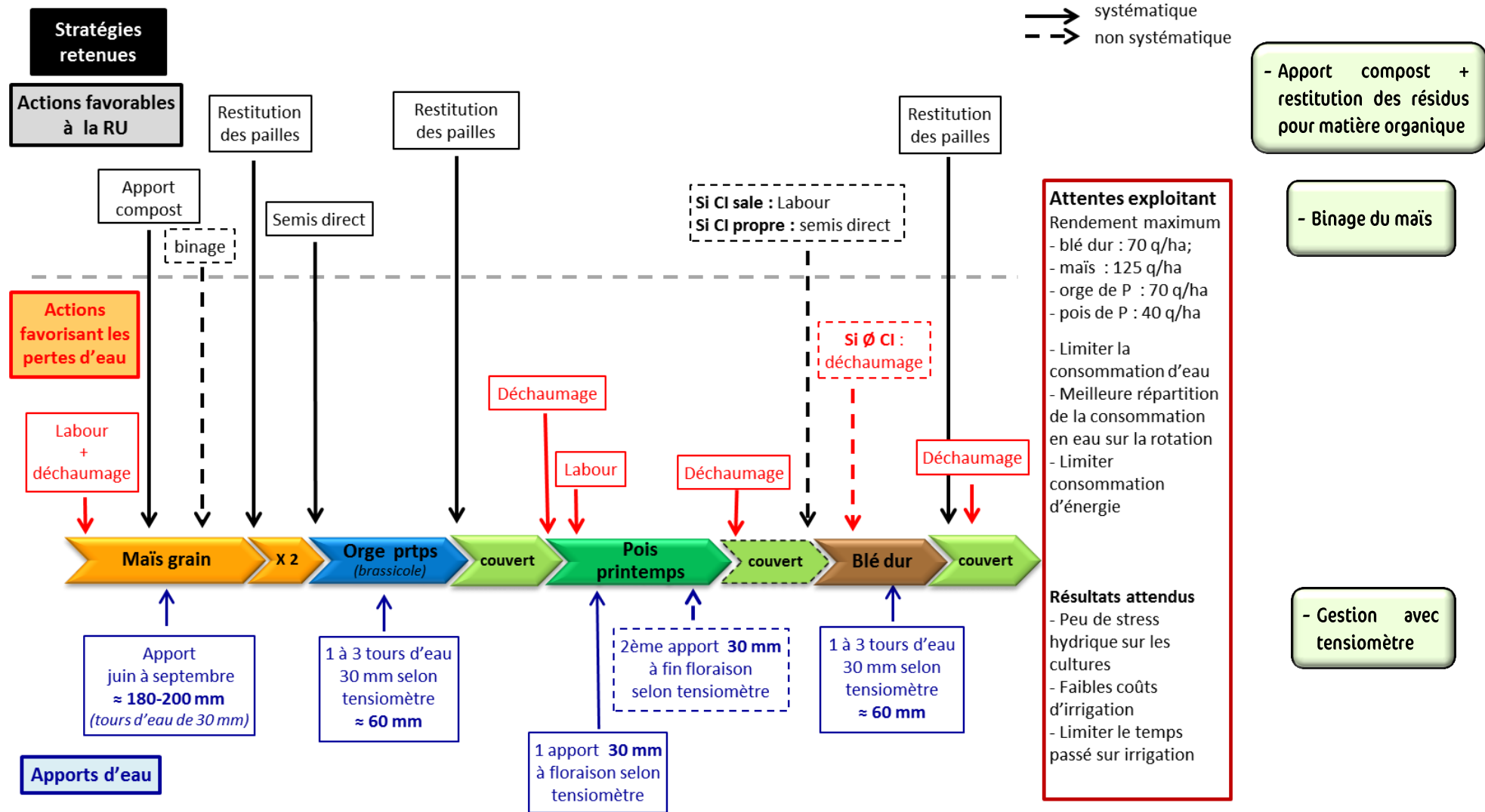


Schéma décisionnel de l'alimentation en eau des cultures

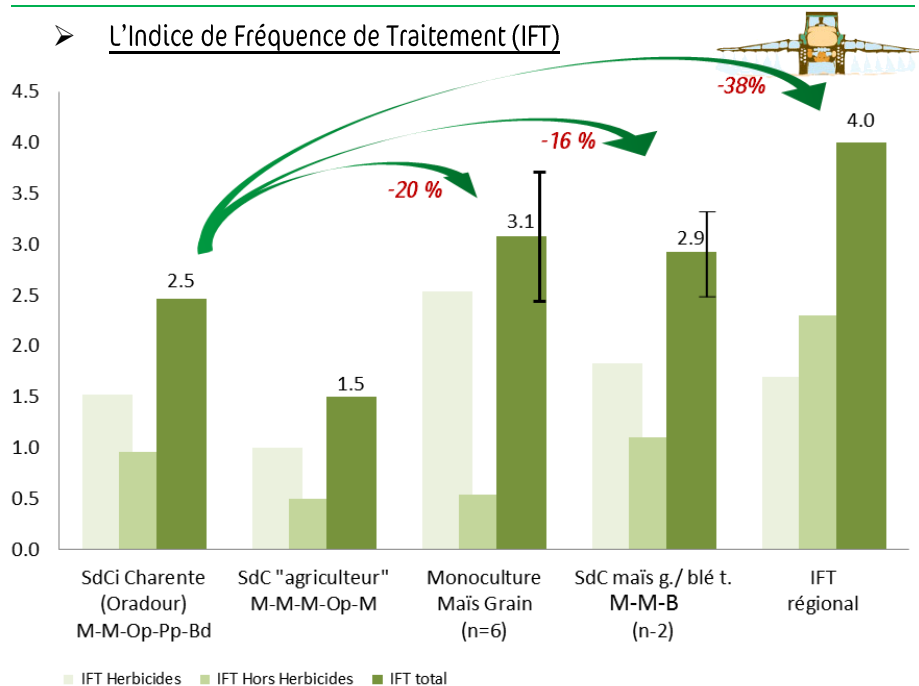


CI : Culture Intermédiaire

q/ha : quintaux / hectare

L'ENJEU DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES

L'Indice de Fréquence de Traitement (IFT)



⇒ Système « agriculteur » possède un IFT faible (labour, désherbage mécanique)

⇒ Diminution intéressante de l'IFT total pour le SdCi Charente

↳ IFT Herbicides en diminution par rapport à monoculture ou maïs assolé

↳ IFT Hors Herbicides augmente par introduction de nouvelles cultures plus consommatrices en fongicides ou insecticides

Evolution des IFTs par rapport au SdC Innovant

		SdC "agriculteur" M-M-M-Op-M	Monoculture Maïs Grain (n=6)	SdC maïs g./ blé t. M-M-B (n=2)	IFT régional
SdCi Charente	IFT total	65 %	-20 %	-16 %	-38 %
	IFT H	52 %	-40 %	-17 %	-11 %
	IFT HH	92 %	78 %	-13 %	-58 %

⇒ L'objectif de « -50% » de diminution par rapport à IFT régional n'est pas atteint et sera difficilement atteignable (nombreux leviers alternatifs mobilisés pour ce système)

Les Quantités de Substances Actives (OSA) utilisées dans les systèmes

	Substances Actives utilisées (grammes/ha/an)					Total
	Herbicide	Fongicide	Insecticide	Molluscicide	Régulateur	
SdCi Charente (Oradour) M-M-Op-Pp-Bd	795	445	30	0	0	1270
SdC "agriculteur" M-M-M-Op-M	1156	339	80	0	0	1575
Monoculture Maïs Grain (n=6)	1845	30	65	25	55	2019
SdC maïs g./ blé t. M-M-B (n=2)	1065	230	25	0	115	1435

⇒ Les herbicides représentent 65 à 90 % de la quantité de substances actives utilisées

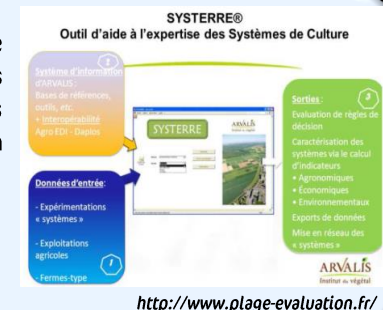
⇒ Résultats illustrant les valeurs d'IFT : la diversification des rotations (pois, blé, orge) augmente les quantités de fongicides utilisées; par contre, les quantités d'herbicides diminuent fortement.

⇒ SdC « agriculteur » et SdC « maïs g./ blé t. » : quantités utilisées proches malgré des IFTs différents. L'IFT est dépendant du choix des produits.

⇒ Très peu d'utilisation de substances actives « molluscicide ».

Systerre

C'est un outil de calcul d'un ensemble d'indicateurs destiné à évaluer les performances techniques, économiques et environnementales des productions végétales sur une exploitation de grande culture ou de polyculture-élevage. L'évaluation est réalisée à plusieurs niveaux d'échelle : parcelle, sole, système de culture, exploitation.



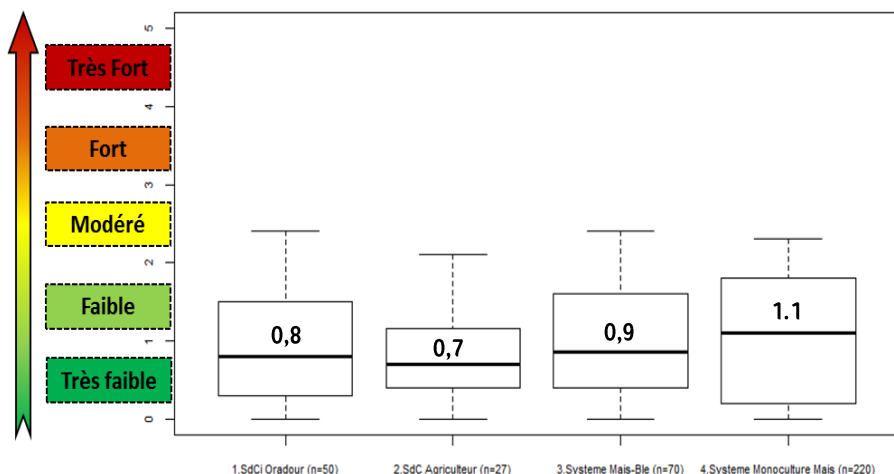
Résultats du premier niveau d'analyse (Azote, phytosanitaires, eau)

➤ Risques de transfert des produits phytosanitaires vers les eaux superficielles et profondes

Les risques de transfert des PPS sont évalués par la méthode ARTHUR. Cette méthode fournit des notes caractéristiques du risque potentiel de transfert allant de 0, risque très faible, à 5, risque très fort.

La dispersion des notes est caractérisée par des "boîtes à moustaches" (*box-plot*). Celles-ci permettent d'évaluer le risque potentiel de transfert des substances actives du système sous forme graphique. La moitié des notes se situe à l'intérieur des boîtes. Quelques substances à fort ou faible risque se situent aux extrémités des box plot.

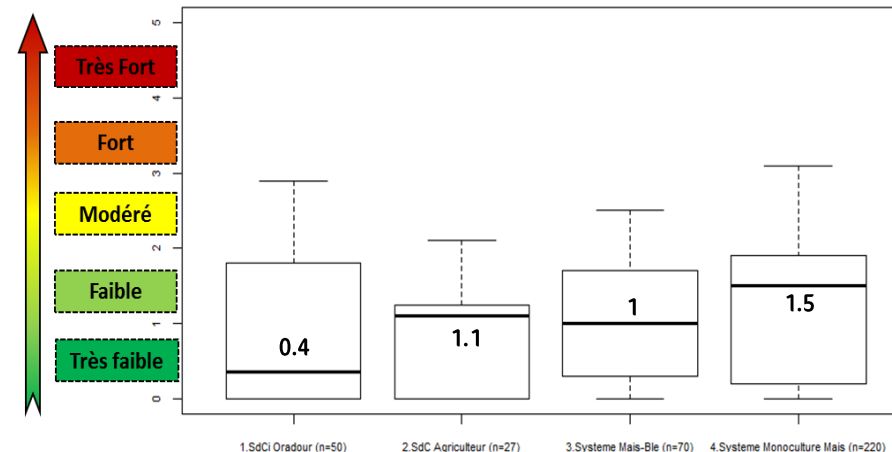
Risque de transfert Eaux Superficielles



⇒ Risque potentiel de transfert de substance active vers les eaux superficielles très faible, en moyenne, pour tous les systèmes : médianes < 1.1

⇒ La dispersion des notes indique que quelques substances actives sont à surveiller (*risque modéré*): **glyphosate et S-métolachlore**

Risque de transfert Eaux Profondes



⇒ Risque potentiel de transfert de substance active vers les eaux profondes faible, en moyenne, pour tous les systèmes : 0,4 < médianes < 1,5

⇒ Pour le SdCi : 2 substances actives à risques modérés, donc à surveiller : **metsulfuron-méthyle, carfentrazone-éthyl** (utilisés sur blé dur en janvier)

⇒ Pour les références : **S-métolachlore, acétochlore**

Ce sol de groies ne présente pas de risques importants de transfert de substances actives vers les eaux superficielles et profondes. Cependant, il conviendra d'être « précautionneux » avec les substances citées ci-dessous qui sont les plus susceptibles de transférer.

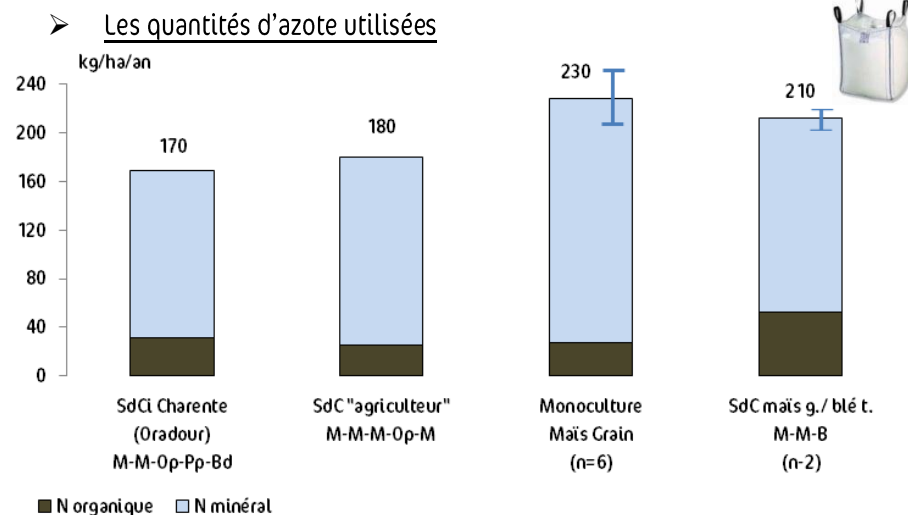
Les substances actives comportant le risque de transfert le plus important sont des herbicides.

ARTHUR : Analyse des Risques de Transfert de phytosanitaires vers les aquifères

La méthode ARTHUR fournit un indicateur d'évaluation des risques potentiels de transfert de substances actives phytosanitaires vers l'environnement (eaux souterraines, superficielles et l'air) permettant de prendre en compte les caractéristiques du milieu (sol, environnement parcelle) et les pratiques de l'agriculteur (molécules utilisées, méthode d'application, ...)

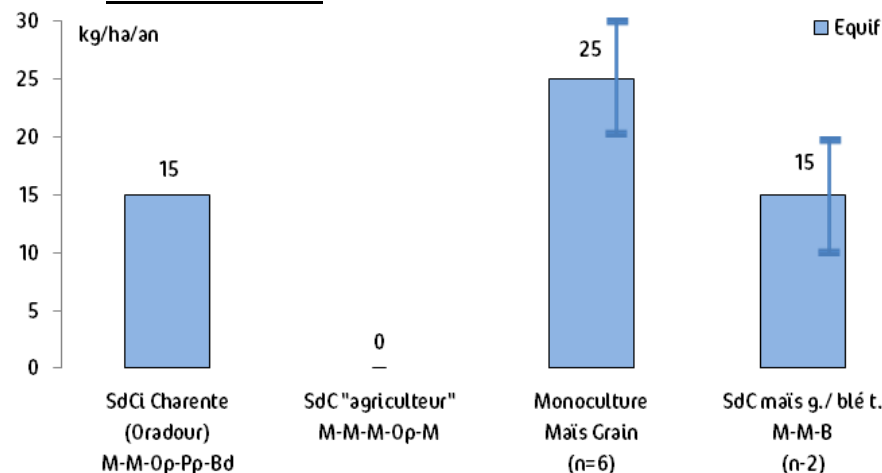
<http://www.plage-evaluation.fr/>

L'ENJEU DE L'AZOTE



- ⇒ Apports d'azote réduits sur le SdCi Charente, cependant, l'introduction du pois de printemps n'a pas permis de réduire les apports d'azote à l'échelle de la rotation
- ⇒ SdC « agriculteur » : Orge printemps permet de réduire l'utilisation d'azote minéral
- ⇒ Utilisation importante d'azote dans les systèmes à dominante maïs grain
- ⇒ En moyenne : 20 à 40 unités d'azote apportées sous une forme organique

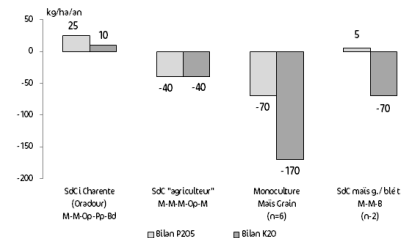
Bilans Azotés EQUIF



- ⇒ Fertilisation bien ajustée sur l'ensemble des systèmes analysés, bonne concordance entre « rendements obtenus et fertilisation apportée »
- ⇒ Possibilités de diminuer légèrement sur « monoculture » (10-15 U/ha/an)

Bilans phospho-potassiques

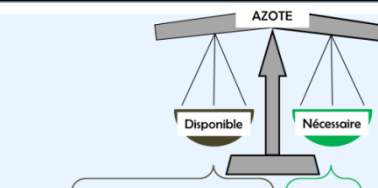
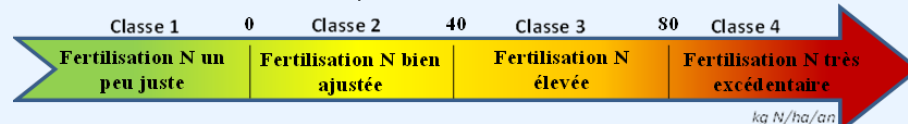
- ⇒ Bilans P₂O₅ et K₂O : équilibré pour SdCi et déficitaires pour les références
- ⇒ SdCi : analyses de sol 2014 indiquent des teneurs satisfaisantes
- ⇒ A surveiller pour les autres systèmes



EQUIF : équilibre de fertilisation

L'indicateur EQUIF calcule un bilan azoté a posteriori en fonction des fournitures du sol (valeurs forfaitaires pouvant intégrer l'effet indirect des apports organiques et/ou des retournements de prairies), de la fertilisation organique (effets directs des apports) et minérale et des besoins réels de la culture (coefficient b qui peut varier selon les cultures et les variétés).

Les bilans sont ensuite classés :



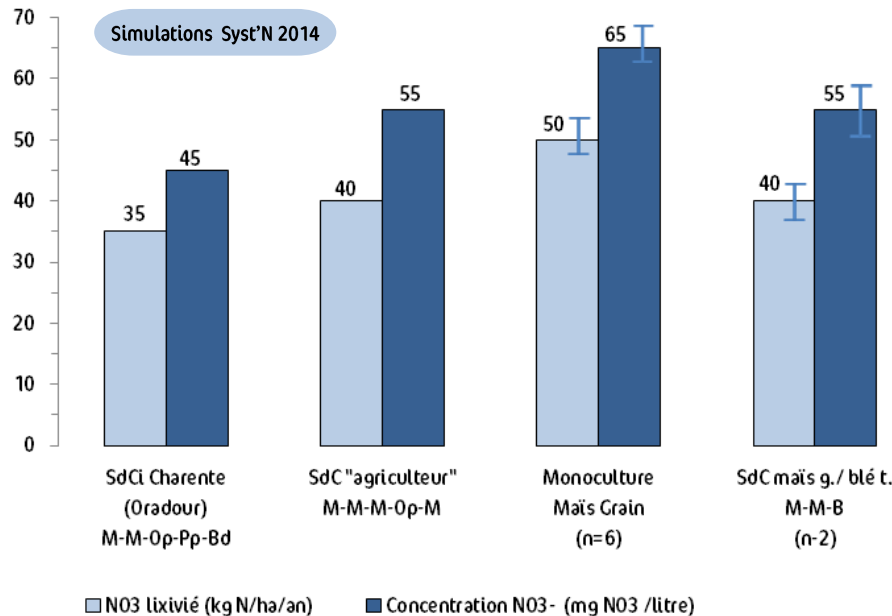
$$\text{EQUIF} = \text{Fournitures du sol} + \text{Engrais valorisé} - \text{Besoins réels}$$

$$\text{CAU} \times \text{apport N} - \text{Rdt} \times b$$

Avec CAU : Coefficient Apparent d'Utilisation
b : coefficient des besoins en azote des cultures (u N/q)

<http://www.plage-evaluation.fr/>

➤ Risques de lixiviation et [NO₃⁻] dans l'eau percolée (estimées avec Syst'N)



- ⇒ SdCi Charente : **35 u** d'azote lixivié / ha / an
 - 18% par rapport au système « agriculteur » et « M-M-B »
 - 30% par rapport à la monoculture de maïs grain
- ⇒ SdCi Charente: **45 mg NO₃⁻/L** dans l'eau percolée sous l'horizon racinaire
 - < à la norme de potabilité de l'eau
 - < aux références

Malgré une bonne maîtrise de la fertilisation sur la majorité des systèmes, des pertes d'azote par lixiviation sont tout de même observées (35 à 50 kg/ha/an). Ces pertes, même si elles restent limitées, engendrent des concentrations de l'eau percolée assez importantes. Elles ont lieu en particulier pendant les périodes d'interculture non couvertes (avant maïs grain). Cependant, les solutions techniques sont très délicates, voire impossibles, à mettre en œuvre dans les successions « maïs grain - maïs grain ».

SYST'N

L'outil permet de quantifier et de diagnostiquer les pertes d'azote dans les systèmes de culture (estimations). Il est construit à partir d'un modèle dynamique à pas de temps journalier prenant en compte la base de données climatiques spécifique au secteur concerné (enregistrée au préalable par l'utilisateur dans le logiciel).

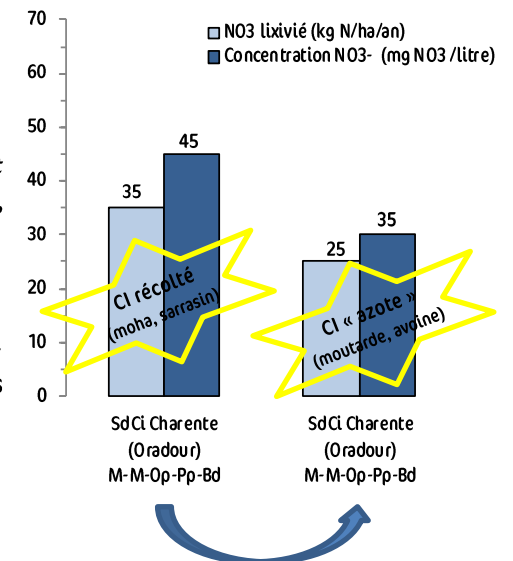
<http://www.plage-evaluation.fr/>

Pour aller plus loin

Les couverts du Système de Culture Innovant de Charente avaient un objectif « récolte grain » et n'étaient pas à « l'optimum » pour le piégeage de l'azote à l'automne (récolte du couvert au 15 octobre) même si les résultats sont déjà très acceptables.

En remplaçant les couverts récoltés (moha, sarrasin) par des couverts optimisant le piégeage de l'azote à l'automne (moutarde ou couvert avoine/vesce détruits en décembre/janvier), les résultats, obtenus par simulation, deviennent :

L'optimisation « azote » permet de diminuer les transferts d'azote de 10 kg/ha/an et de réduire de 10 mg/l la concentration de l'eau percolée sous la zone racinaire.



L'ENJEU CONSOMMATION D'EAU

➤ Les quantités d'eau utilisées

Sur 5 ans (2009 à 2013), la consommation en eau des différents systèmes est (mm/ha/an) :

campagnes culturales 2009 à 2013	SdCi Charente (Oradour) M-M-Op-Pp-Bd	SdC "agriculteur" M-M-M-Op-M	Monoculture Maïs Grain (n=6)	SdC maïs g./ blé t. M-M-B (n=2)
Quantité Irrigation (mm/ha/an)	120	155	180 (mini : 140 ; maxi : 240)	130 (mini : 105 ; maxi : 155)



⇒ SdCi Charente « mobilise » moins d'eau que les autres systèmes :

- ☞ Diminution de ~ 20 à 35 % par rapport aux monocultures de « références »
- ☞ Blé dur / pois / orge => 0 à 60 mm d'eau / ha / an (cultures peu exigeantes)
- ☞ Rotation avec « blé tendre » assolé peu consommatrice en eau car blé tendre non (ou peu) irrigué

⇒ SdCi Charente répond à des secteurs où la **disponibilité** en eau serait **limitée** et/ou la **monoculture délicate** à mettre en œuvre (problèmes agronomiques sur adventices, prix de vente du maïs grain)



Irrigation du pois de printemps
(début floraison)

NIVEAUX DE PRODUCTION ET CRITERES QUALITATIFS

➤ Rendements (en tonne / hectare)

	Cultures	Attentes de l'exploitant (t/ha)	Rendement obtenu (t/ha)	Monoculture Maïs Grain (n=6)	SdC maïs g./ blé t. M-M-B (n=2)	16 : Moyennes Départementales 2009-2013 (t/ha)
SdCi Charente (Oradour)	Maïs grain	11,5	12,5	Maïs grain : 11,9 t/ha	Maïs grain : 12,7 t/ha Blé tendre : 7,4 t/ha	Maïs grain irrigué : 10.5 t/ha Orge printemps : 4.6 Pois printemps : 3,5 Blé dur : 5 t/ha
	Orge printemps	7,0	6,8			
	Pois printemps	4,0	4,3			
	Blé dur	7,5	6,3			

⇒ Les rendements obtenus sur le système testé sont bons et comparables aux valeurs obtenues sur les SdC références

↪ Blé dur : rendement inférieur au prévisionnel mais périodes délicates (sécheresses) pour les récoltes de 2009 à 2013 : résultats indépendants de l'itinéraire technique appliqué.



➤ Qualités des productions

Culture	Critère	Valeur visée	Valeur obtenue	
Maïs grain	Humidité moyenne (%)	15% <i>(à la commercialisation)</i>	20 %	😊
	Humidité moyenne (%)	15%	14 %	😊
Pois printemps	Impuretés (%)	< 4 %	2 %	😊
	Humidité moyenne (%)	14 %	14 %	😊
Blé dur	Teneur en protéines (%)	14 %	14 %	😊
	Poids Spécifique (kg/hl)	>78	80	😊

⇒ Respect des critères qualitatifs sur toutes les cultures

RENTABILITE ECONOMIQUE



	SdCi Charente (Oradour)	SdC agriculteur M-M-M-Op-M	Monoculture Maïs Grain (n=6)	SdC maïs g./ blé t. M-M-B (n=2)
Produit brut (€/ha/an)	1645	2090	2290 (± 190)	1985 (± 300)
Charges opérationnelles (€/ha/an)	550	580	590	655
Marge brute (€/ha/an) (hors aides/DPU)	1095	1510	1700 (± 250)	1330 (± 300)
Coûts de mécanisation (€/ha/an)	250	325	230	200
Marge semi-nette (€/ha/an) (hors aides/DPU)	845	1185	1470 (± 260)	1130 (± 280)
Efficience économique	2.1	2.3	2.8	2.3

⇒ SdCi :

- ↪ Limitation des charges opérationnelles (azote, phyto)
- ↪ Coûts de mécanisation acceptables (labour, désherbage mécanique...)
- ↪ Marge semi-nette **fortement dégradée, de -25 à -40 %**

⇒ Intérêts des cultures dérobées récoltées en « grains »

Les dérobées ont été installées après pois et orge (récolte précoce) et ont pu être récoltées, en « moyenne », dans 75 % des cas. Cependant, les rendements restent limités et l'intérêt économique faible à nul.

Culture dérobée	Rendement obtenu	Nombre « tests »	Charges Opérationnelles	Coûts mécanisation	Marge semi-nette
moha	10 qx/ha	1 année	55 €/ha/an	115 €/ha/an	240 €/ha/an
sarrasin	3.7 qx/ha (2 à 5)	3 années	115 €/ha/An	115 €/ha/An	-65 €/ha/an

Prix de vente : moha : 400 €/tonne ; sarrasin : 500 €/tonne

⇒ Cultures dérobées fertilisées ou désherbées chimiquement si nécessaire

⇒ Temps supplémentaires de gestion de la dérobée par rapport à un « sol nu » ou « culture intermédiaire » : ~ 1 heure 15 minutes (semis, interventions, récolte)

Conclusions / choix de l'agriculteur :

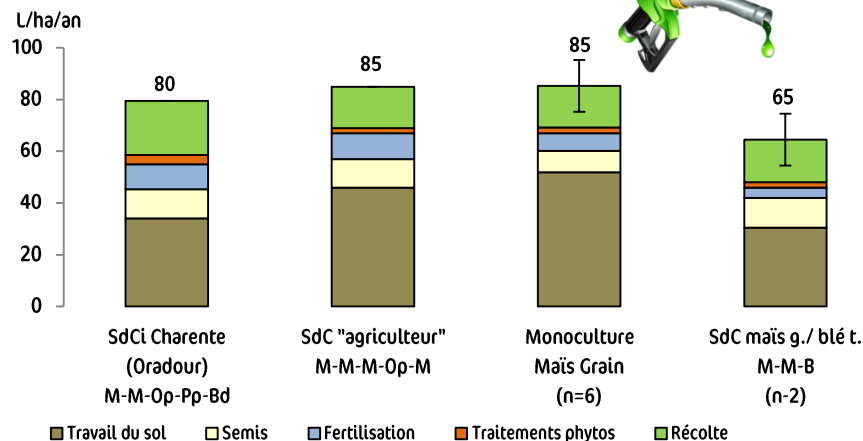
- ↪ Rentabilité limitée par rapport aux temps supplémentaires
- ↪ Charges engagées « recouvertes » si rendement sarrasin > 5 qx/ha
- ↪ Intéressant après pois (valorisation azote disponible, semis facile)
- ↪ Ré-orientation des couverts ⇒ « piégeage azote + restitution au suivant »

AGRONOMIE

- ⇒ Réduction des fongicides : aucun impact sur la gestion des maladies
- ⇒ Impasse sur les régulateurs : pas d'accident cultural
- ⇒ Diminution des insecticides et molluscicides compensée par le travail du sol et sans impact sur les 5 années de l'essai (2009 à 2013)
- ⇒ Désherbage : - résultats satisfaisants et comparables à des systèmes plus classiques (pas d'augmentation de la « pression adventices »)
- mise en œuvre parfois délicate du désherbage mécanique (binage, herse étrille) car plus dépendant des conditions météorologiques et adéquation avec temps disponibles sur les périodes favorables !
- ⇒ Sol : aucune dégradation physique (compaction, battance); pas de problème particulier concernant les éléments chimiques.

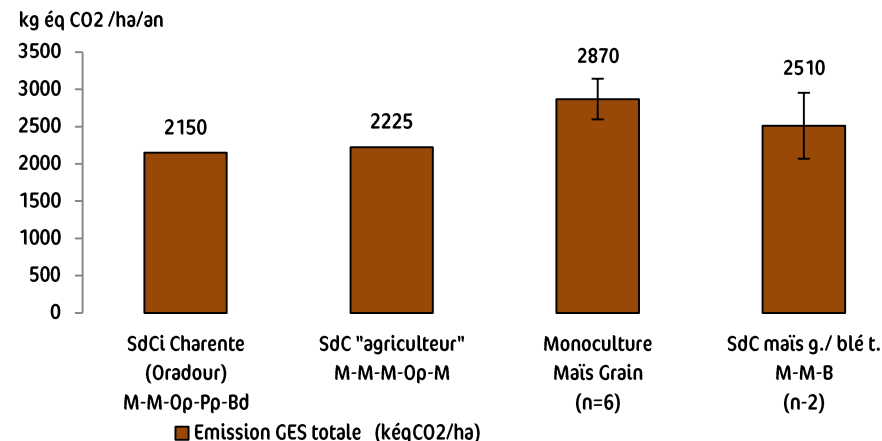
ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

La consommation de carburant



- ⇒ Pour tous : travail du sol = principal poste de consommation (35 à 50 litres / ha / an)
- ⇒ SdCi Charente : consommation « dans la norme »
- ⇒ Consommation « récolte » supérieure car récolte des « dérobées »
- ⇒ Diminution d'intrants = peu d'impact sur la consommation de carburant

Emissions de GES



- ⇒ Moins d'émissions de GES pour le SdCi : -5 à -25% par rapport aux références
- ⇒ GES : Part des émissions par les fertilisants : > 80%
↳ 1ère source d'émissions de GES : utilisation et surtout « fabrication »

Energie

	Consommation d'énergie totale (MJ/ha/an)	Production d'énergie brute (MJ/ha/an)	Efficacité énergétique
SdCi Charente (Oradour) M-M-Op-Pp-Bd	35 945	146 115	4.1
SdC agriculteur M-M-M-Op-M	32 320	184 000	5.7
Monoculture Maïs Grain (n=6)	48 520	188 335	3.9
SdC maïs g./ blé t. (n=2) M-M-B	35 190	165 120	4.7

- ⇒ Monoculture de maïs grain = système produisant le maximum d'énergie, **mais** avec une efficacité **faible** (consommation énergétique importante pour produire)
- ⇒ Très forte efficacité des systèmes avec 1 céréale à paille assolée
- ⇒ SdCi Charente : efficacité moyenne mais production d'énergie brute limitée

ASPECT SOCIAUX

Temps de travaux et nombre de passages

	Temps de travail (h/ha/an)	Nombre total de passages (ha/an)
SdCi Charente (Oradour) M-M-Op-Pp-Bd	5 h 15 min	17
SdC agriculteur M-M-M-Op-M	6 h 05 min	16
Monoculture Maïs Grain (n=6)	7 h 15 min	19
SdC maïs g./ blé t. (n=2) M-M-B	4 h 55	15

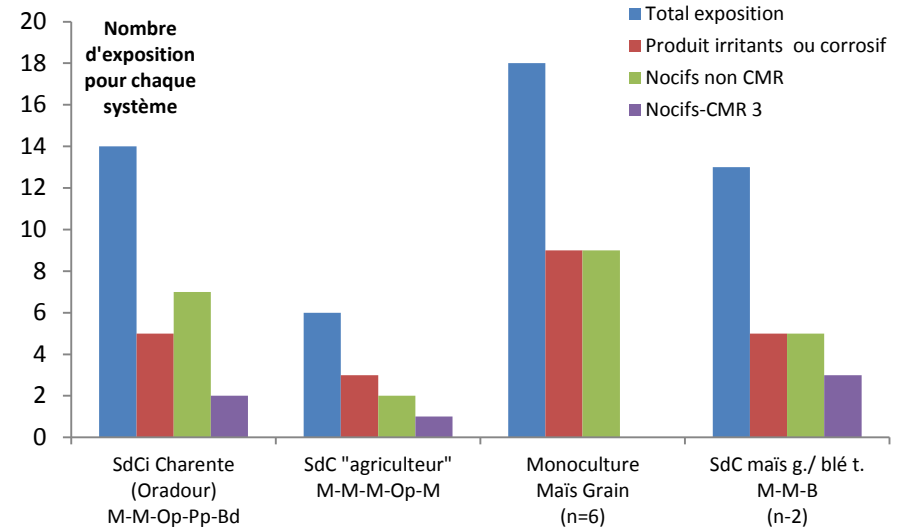
⇒ en moyenne : - Temps de travail : 5 à 7 heures selon les systèmes étudiés
- Nombre de passages : 15 à 19

⇒ SdCi : - temps de travail et nombre de passages « convenables »
- interventions mécaniques n'augmentent pas significativement le temps de travail

⇒ Systèmes avec une proportion de maïs grain importante sont plus consommateurs en temps par hectare et par an : *irrigation, temps de récolte*



Exposition de l'utilisateur à la toxicité des produits phytosanitaires



⇒ Manipulations de 6 à 18 produits par an (= « exposition ») pour l'ensemble des cultures

⇒ SdC « agriculteur » faiblement mobilisateur de produits phytosanitaires
↳ cultures peu exigeantes (maïs et orge printemps)
↳ désherbage « mixte » sur le maïs (herse étrille à l'aveugle + chimique + binage) : combinaison performante mécanique x chimique

⇒ Faible proportion de produits très nocifs (CMR 3 : cancérigènes, nocifs pour reproduction, ...) dans les systèmes étudiés.



BILAN GLOBAL DES SdCi SELON LES INDICATEURS CALCULES

		SdCi de Charente
Evaluation Environnementale		
Economie en intrants	Diminution de l'apport en eau	😊 « 1 »
	Diminution de l'IFT et du QSA	😊
	Diminution de la fertilisation azotée	😊
Qualité de l'eau	Réduction risque de transfert de pesticides / azote	😊
Energie/Environnement	Efficience énergétique	😐
	Emissions de GES	😊
Evaluation Economique		
Productivité	Rendement	😊
	Qualité des produits	😊
	Agronomie	😊
Economie	Charges opérationnelles	😐
	Marge semi-nette	😞 / 😐 « 2 »
Evaluation Sociale		
	Temps de travail	😊
	Niveau d'exposition à des produits dangereux pour la santé	😊

« 1 » En comparaison des systèmes de culture de référence

« 2 » A volume d'eau équivalent le résultat économique est plus satisfaisant

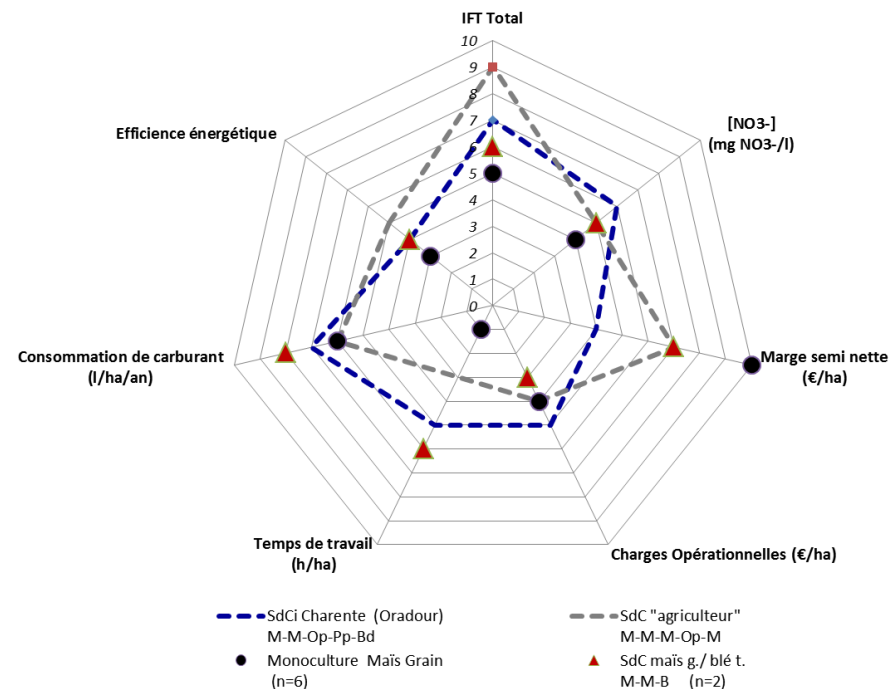
Performances du SdCi comparées aux références de l'Observatoire « monoculture maïs grain » / « M-M-Bt »

😊 Résultats améliorés

😐 Résultats similaires

😞 Résultats dégradés

BILAN SOUS FORME D'UN RADAR AVEC QUELQUES INDICATEURS



Représentation Radar :

- ⇒ 7 indicateurs pour analyser le système
- ⇒ Meilleure représentation visuelle des résultats
- ⇒ Objectif : être positionné au plus proche des extrémités du radar

⇒ Aucun système n'est parfait, SdCi mal positionné sur la marge semi-nette

▲ CAS N°1 : CHUTE DU PRIX DU MAÏS ! (ex. 2014/2015)

Les volumes d'eau disponibles sont inchangés, dans ce cas n°1, nous étudierons seulement l'impact d'une chute de prix de vente du maïs grain. Le prix des autres cultures reste inchangé.

Calculs économiques avec comme prix de vente des cultures

- blé tendre	170 €/t
- orge printemps	165 €/t
- blé dur	220 €/t
- maïs grain	120 €/t (prix de vente, frais de séchage déduit ~ 30 €/t)
- pois printemps	210 €/t

	SdCi Charente (Oradour)	SdC agriculteur M-M-M-Op-M	Monoculture Maïs Grain (n=6)	SdC maïs g./ blé t. M-M-B (n=2)
Produit Brut (€/ha/an)	1282	1461	1428	1419
Marge Semi-Nette (€/ha/an) (hors aides/DPU)	482	556	608	564

⇒ Avec un prix de vente du maïs à 120 €/t (humidité à 15 %), le SdCi Charente est toujours économiquement pénalisé.

⇒ La rentabilité économique est identique entre les systèmes étudiés (~385 €/ha/an) pour un prix de vente du maïs grain de 100 € / tonne.

Sans restriction sur les volumes d'eau disponible, le Système innovant de Charente devient économiquement intéressant pour un prix de vente du maïs grain aux normes (15 % d'humidité) inférieur à 100 euros / tonne.

▲ CAS N°2 : VOLUME D'EAU REDUIT A 600 MM POUR L'ÎLOT, QUEL EST LE SYSTEME LE PLUS INTERESSANT ET ROBUSTE ?

Hypothèse : 600 mm = « volume » d'eau utilisé pour un îlot de 5 ha avec le système SdCi

Avec ce même volume, deux possibilités étudiées

- ⇒ **Système 1.** Conservation de la monoculture de maïs grain avec 120 mm/ha/an d'eau disponible, le rendement est donc pénalisé et estimé à 85 q/ha
- ⇒ **Système 2.** Rotation avec « 3 maïs grain », irrigué à l'optimum ~ 200 mm/ha/an (rendement estimé à 120 q/ha), et « 2 blé tendre » en sec (rendement estimé à 65 q/ha)

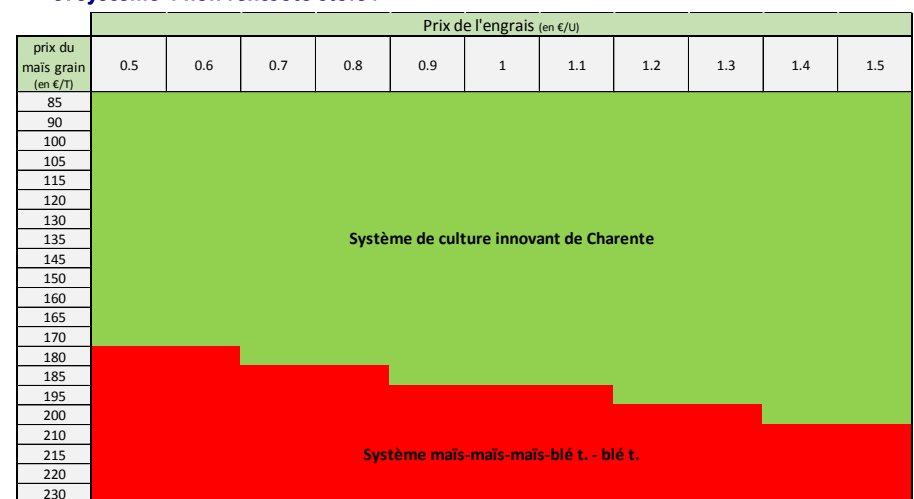
Appréciation de la robustesse de la marge semi-nette (fluctuations des prix cultures et azote)

- ⇒ variation du prix de vente du maïs grain de 85 à 230 €/tonne et des autres prix de vente (indexés sur le prix du maïs)
- ⇒ Variation du prix de l'azote : 0.5 à 1.5 € l'unité fertilisante d'azote

Résultats

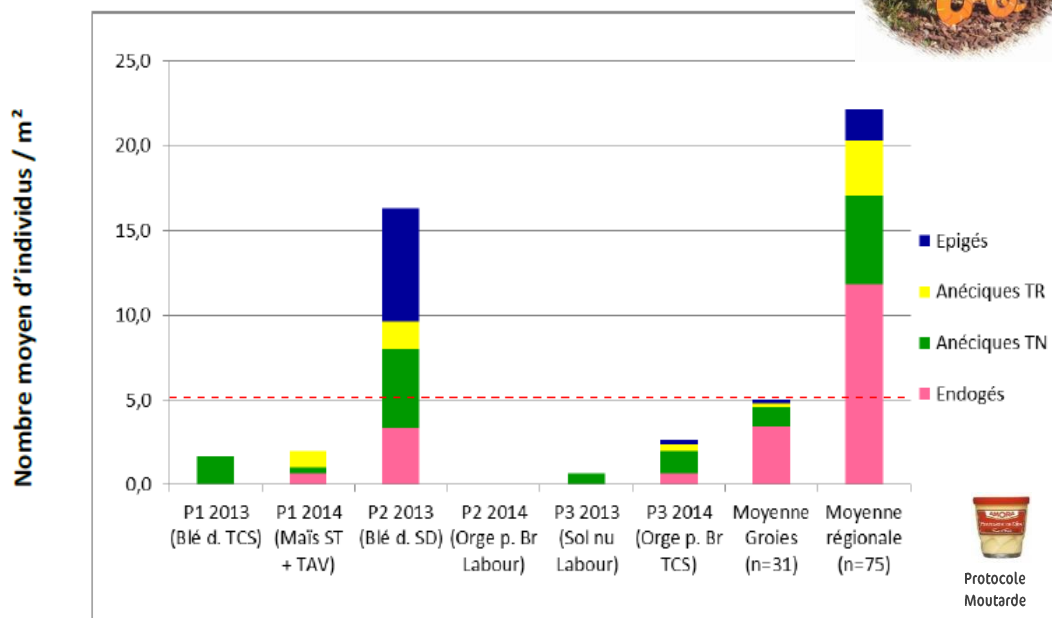
⇒ **le système 1** « monoculture », avec un maïs à 85 q/ha : la marge semi-nette est toujours inférieure aux 2 autres systèmes étudiés. Par contre, la monoculture redevient économiquement intéressante si le rendement du maïs grain est supérieur à 95 qx/ha et le prix du maïs supérieur à 100 euros/tonne.

⇒ si système 1 non rentable alors :



- Si :
- prix maïs < 180 € alors SdCi > maïs / blé > monoculture
 - prix maïs > 205 € alors maïs / blé > SdCi > monoculture
 - entre 180 / 205 € à voir selon le prix de l'azote

SDCi CHARENTE (ORADOUR)



NB : les observations sont liées aux conditions de prélèvement (pluviométrie, température, type de sol...) et aux pratiques agricoles. L'impact des conditions de prélèvement sur les résultats est difficile à évaluer. Les pratiques phytosanitaires ne sont pas prises en compte car les données sont incomplètes pour la campagne 2013-2014.



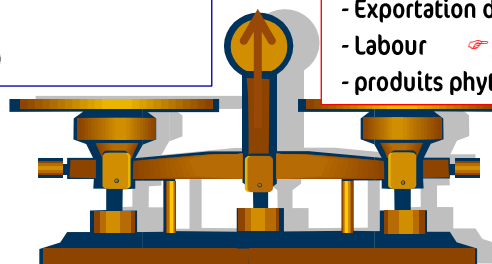
☞ L'abondance sur argilo-calcaire superficiel est faible (valeur régionale à 5 individus /m²)

Facteurs favorables aux lombrics

- Semis Direct ☞ *parcelle P2*
- Limitation du travail du sol ☞ *parcelle P3 en 2014*
- Strip-till
- Apport de Matière Organique (MO)

Facteurs défavorables

- Travail fréquent du sol (déchaumages, décompactage, ...) ☞ *parcelle P1*
- Exportation des résidus de cultures (pailles de céréales)
- Labour ☞ *parcelle P3 en 2013*
- produits phytosanitaires (anti-limaces, glyphosate)



ATOUTS/CONTRAINTE DE L'ESSAI

- ⇒ Système mobilisant un travail du sol mixte : « semis direct / labour / TCS »
- ⇒ Intéressant dans le cas où les volumes d'eau diminueraient ou dans des systèmes avec des problèmes agronomiques (*tassement, adventices résistantes...*)
- ⇒ Evolution difficile des systèmes irrigués car gestion délicate du matériel d'irrigation :
 - ☞ déplacement long et coûteux des enrouleurs (*impossible pour pivot*)
 - ☞ eau disponible sur une surface donnée
 - ☞ surface irrigable non extensible sur les exploitations
- ⇒ Maïs grain irrigué
 - ☞ culture relativement économe en intrants
 - ☞ impact environnemental limité pour les transferts « azote » et « phytos »

Si la monoculture de maïs (*ou monoculture rompue tous les 3 à 4 ans par une céréale*) reste aujourd'hui un système qui procure la meilleure rentabilité lorsque l'eau n'est pas un facteur limitant, les systèmes plus diversifiés apportent des bénéfices sur d'autres critères. Une restriction des volumes d'eau prélevables se traduit dans la majorité des cas par une perte économique sur les exploitations.

RESSENTI DE L'AGRICULTEUR

«L'essai a permis de démontrer :

- ⇒ l'intérêt du raisonnement agronomique à l'échelle système et de conforter des choix techniques (*désherbage mécanique x chimique, introduction protéagineux...*)
- ⇒ que les choix techniques restent très dépendants des conditions de l'année culturale et l'adaptation doit être permanente (*les 5 prochaines années ne seront pas une copie des 5 passées*)
- ⇒ IRRIGATION SECURISEE = « eau disponible »
 - ☞ ne pas faire un procès systématique à l'irrigation
 - ☞ possibilité de sécuriser les rendements (*adéquation fertilisation/rendement*)
 - ☞ accès possible à d'autres cultures à haute valeur ajoutée (*légumes*)
 - ☞ maintien, voire création d'emplois sur des surfaces modérées”

LA PAROLE DU CONSEILLER

“Cet essai a permis de tester une alternative à la monoculture de maïs grain. Même si dans le contexte économique actuel, la rentabilité est altérée, ces références sont importantes à acquérir. Elles permettent de connaître l'impact de la diversification sur la gestion des adventices ou des insectes et ainsi répondre à des problèmes agronomiques émergents chez certains agriculteurs. Les itinéraires techniques appliqués (*schémas décisionnels*) démontrent l'intérêt à la fois d'une combinaison « pertinente » mécanique/chimique pour gérer les adventices et d'un travail du sol raisonné selon les opportunités et les besoins des cultures (*labour si nécessaire, TCS ou semis direct dès que possible*).

Par ailleurs, de tels dispositif (*2-3 parcelles « d'essai » suivies par un conseiller*) devraient exister chez tous les agriculteurs afin que chacun teste et s'approprie, dans son contexte de sol et climat, des techniques innovantes. Ces parcelles constitueraient un moyen efficace de promotion et de diffusion de l'innovation auprès des agriculteurs qui adopteront rapidement des pratiques testées dans leurs exploitations.”

QUELLES PISTES D'EVOLUTIONS

⇒ Culture intermédiaire : arrêt de l'objectif « récolte grains » (*peu rémunérateur par rapport au temps supplémentaire nécessaire*) et optimisation du service « engrais vert / azote » par l'implantation d'un mélange avec des légumineuses (*piéger l'azote disponible + capitaliser + favoriser les restitutions*)

⇒ Maïs grain : tester des variétés avec des besoins en eau inférieurs (« levier génétique ») afin de diminuer les volumes d'eau apportés sur cette culture



Pour aller plus loin

Consulter : Rencontres de la recherche et du développement - Décembre 2014

"Vers une agriculture qui préserve la ressource en eau"

<http://www.poitou-charentes.chambagri.fr/nos-evenements/rencontres-de-la-recherche-et-du-developpement.html>

- **UNE DIVERSIFICATION DE LA ROTATION POSSIBLE ET FAVORABLE AUX PERFORMANCES AGRONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTALES**
- **DES RESULTATS LIES AU CONTEXTE CLIMATIQUE ET SOL (RESERVE UTILE DE 90 MM)**
- **UNE PERFORMANCE SUR LA LIMITATION DES TRANSFERTS D'AZOTE ENCORE AMELIORABLE**
- **UNE DURABILITE ECONOMIQUE DEGRADEE EN COMPARAISON DE SYSTEMES CLASSIQUES TYPES MONOCULTURE DE MAÏS GRAIN OU MAÏS GRAIN ASSOLE AVEC UNE CEREALE COMME LE BLE TENDRE OU L'ORGE DE PRINTEMPS**
- **DES RESULTATS INTERESSANTS POUR DES EXPLOITATIONS AGRICOLES SOUMISES A DES RESTRICTIONS IMPORTANTES D'ACCES A L'EAU D'IRRIGATION**
 - En se replaçant dans un contexte à un volume d'eau équivalent mais restreint, le SdCi retrouve des résultats économiques similaires à ceux des rotations plus courtes moins diversifiées.
En effet, la moindre disponibilité en eau pénalise les rendements de la monoculture de maïs grain et de la rotation maïs grain/blé tendre.
 - Le système devient aussi intéressant face aux aléas “prix de vente” et “prix de l'azote”
- **LA DIVERSIFICATION DE LA ROTATION EST PARFOIS INDISPENSABLE POUR GERER LES PROBLEMES AGRONOMIQUES (ADVENTICES) ET ENVIRONNEMENTAUX, CEPENDANT, UNE PROPORTION NON NEGLIGEABLE DE MAÏS DEVRA ETRE CONSERVEE AFIN DE MAINTENIR UNE RENTABILITE ECONOMIQUE OPTIMALE.**



Partenaires techniques :



Partenaires financiers :



Auteurs :
Mathieu Arnaudeau
Sébastien Minette

aGRICULTURES & TERRITOIRES
CHAMBRE D'AGRICULTURE
Aquitaine - Limousin
Poitou-Charentes

