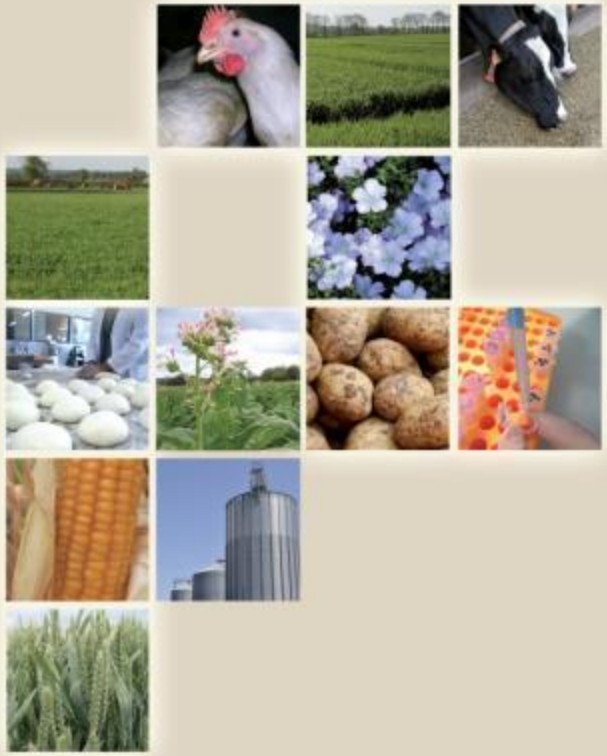


ARVALIS

Institut du végétal

La protection intégrée des cultures:enjeux et travaux de recherche

ARVALIS
Institut du végétal

Une place majeure de la protection intégrée dans le programme de R/D

Programme de R/D ARVALIS: 6 défis
Défi 1 : Augmenter et régulariser les **rendements**
Défi 2 : Produire et conserver des **matières premières** adaptées aux diffé débouchés et procédés industriels
Défi 3 : Bâtir et promouvoir une **protection intégrée** des cultures performan et durable vis-à-vis des bio-agresseurs et désordres physiologiques : maladies, ravageurs, adventices, verse, bourgeonnement, etc.
Défi 4 : Gérer et valoriser les potentialités du sol, **les ressources** hydriques minérales
Défi 5 : Evaluer et améliorer **la durabilité des systèmes** de production et notamment leurs performances économiques
Défi 6: Valoriser les **innovations technologiques et méthodologiques** pour l'expérimentation et la conduite des exploitations

30% des ressources R/D contribuent à tester et rechercher des solutions de protection des cultures et des graines et tubercules (**22% ressources dédiées)**

ARVALIS
Institut du végétal

Bioagresseurs des grandes cultures : nombreux!

Cultures	Maladies	Ravageurs	Adventices	Régulations
Blés/Triticale	**11**	**17**	nombreuses	**verse**
Orges	**14**	**12**	nombreuses	**verse**
Maïs	**3**	**15**	nombreuses	
Sorgho	**1**	**6**	nombreuses	
Pomme de terre	**8**	**4**	nombreuses	**Défanage** **Inhibition germination**
Lin fibre	**9**	**4**	nombreuses	**Verse**
Tabac	**12**	**4**	nombreuses dont orobanche	**Inhibition bourgeon**
Plantes fourragères (luzerne)	**6**	**10**	nombreuses dont orobanche cuscute	

Et des parasites émergents ou en développement…

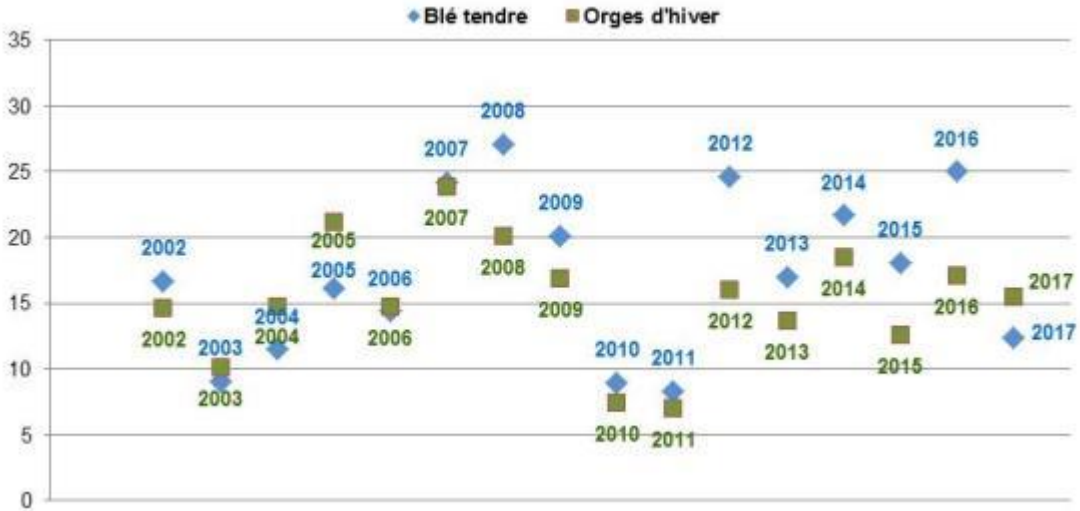
Chrysomèle du maïs

Orobanche (plante parasite)

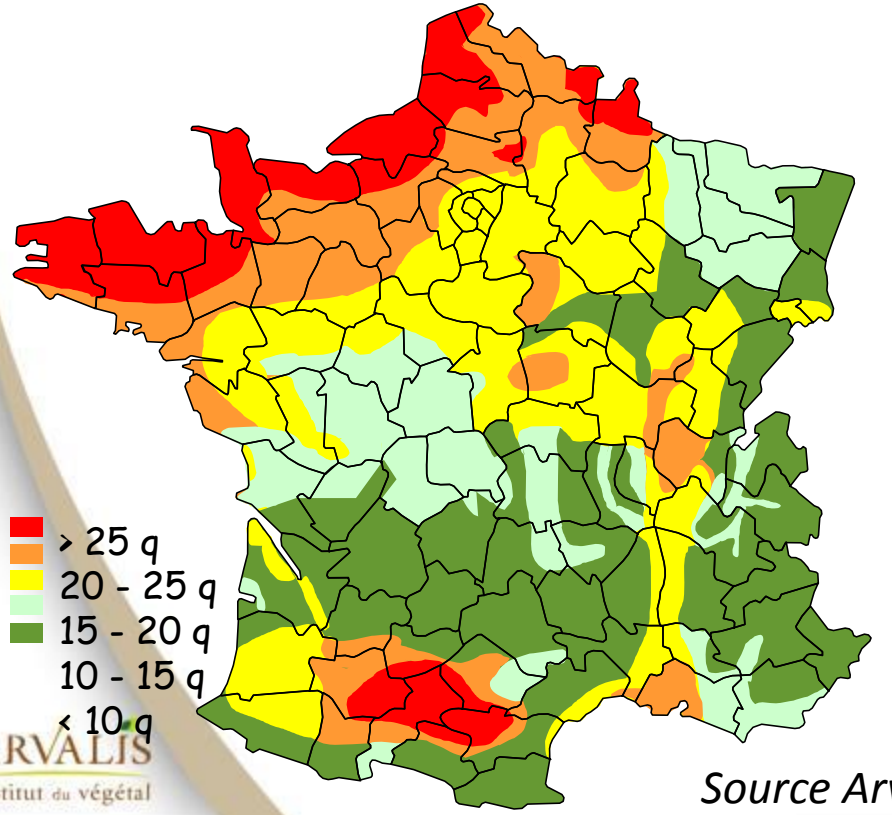
ARV Institut du végétal

Nuisibilités : exemple des Maladies foliaires des céréales à paille

Variation interannuelle des écarts Traité/Non Traité (blé et orge)



Source Arvalis



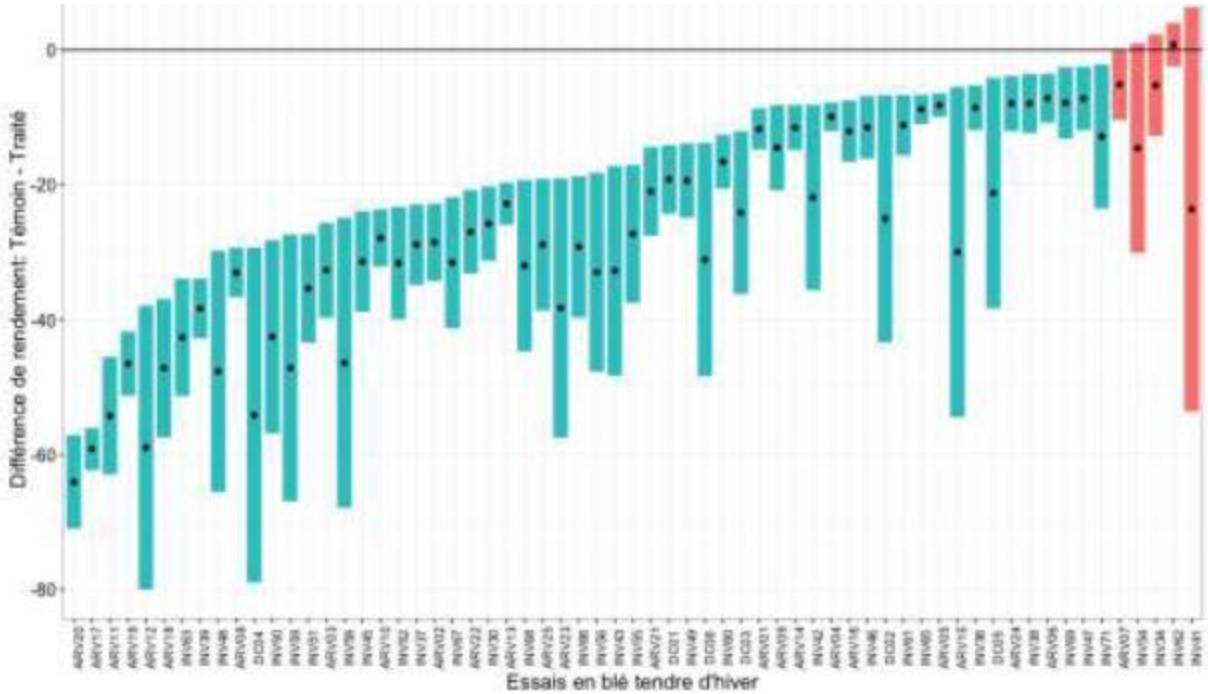
Source Arvalis

Nuisibilités régionales maladies foliaires du blé tendre

ARVALIS
Institut du végétal

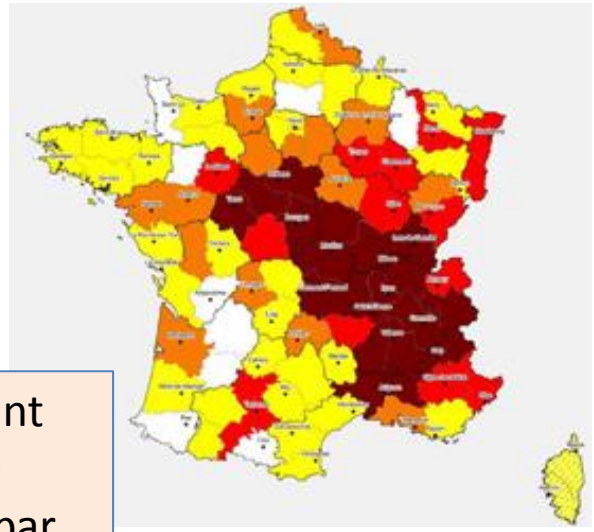
Nuisibilité des adventices dans le blé

Différence de rendement entre parcelles non traitées et parcelles traitées herbicides sur 63 essais en blé tendre *(source : Cordeau et al, 2016).*
La moyenne de l'écart est établie par un point noir, la longueur de la barre donne l'intervalle de confiance à 95%. Significatif en bleu, non significatif en rouge (seuil de 5 %).

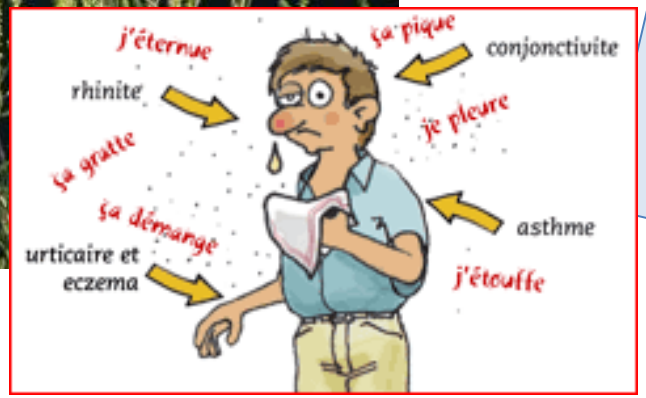


0 à 60 q/ha de nuisibilité, en moyenne 20 q/ha

Parfois un enjeu de santé publique: cas de l'ambroisie



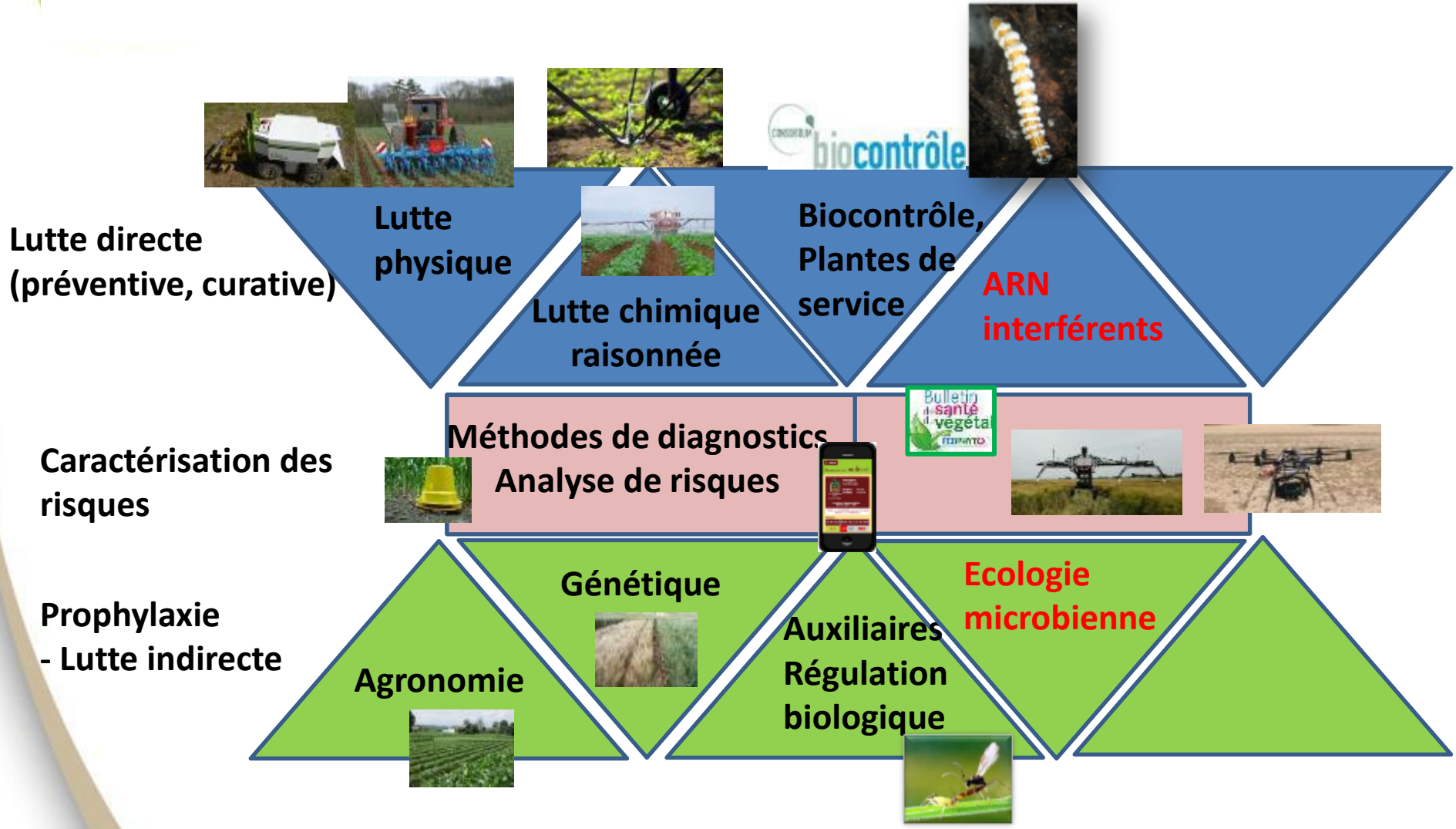
Lutte pouvant être rendue obligatoire par arrêté préfectoral



Lutte chimique en interculture, seule garantie d'absence de relevée, contrairement au travail du sol

ARVALIS
Institut du végétal

Protection intégrée des cultures



Prophylaxie

PIC

- Agronomie :
  - ✓ Rotations
  - ✓ Plantes de service: biofumigation, couverts …
  - ✓ Travail du sol
  - ✓ Techniques culturales (dates, densité, fertilisation ….)
  - ✓ Gestion des résidus de récolte, gestion des menues-paille……
- Régulation naturelle par les auxiliaires
- Génétique

Céréales

Auxiliaires	Ravageurs: Pucerons	Noctuelles	Tordeuses	Taupins	Hannetons	Mineuse	Limaces
Coccinelles à 7 points	■						
Carabiques, staphylins	◢	◢	◢	■	◢		■
Chrysopes, hémérobes	◢	◢	◢				
Syrphes	■						
Cécidomyies	◢						
Tachinaires		◢	◢				
Hyménoptères	■	◢	■	◢		◢	
Araignées	◢						
Bactéries - virus		◢	◢	◢	◢	◢	
Mycoses	■	◢	◢	◢	■		

■ Régulation potentielle importante

◢ Régulation potentielle secondaire

Source : ACTA et ITA

Couverts

Récolte de menues-pailles

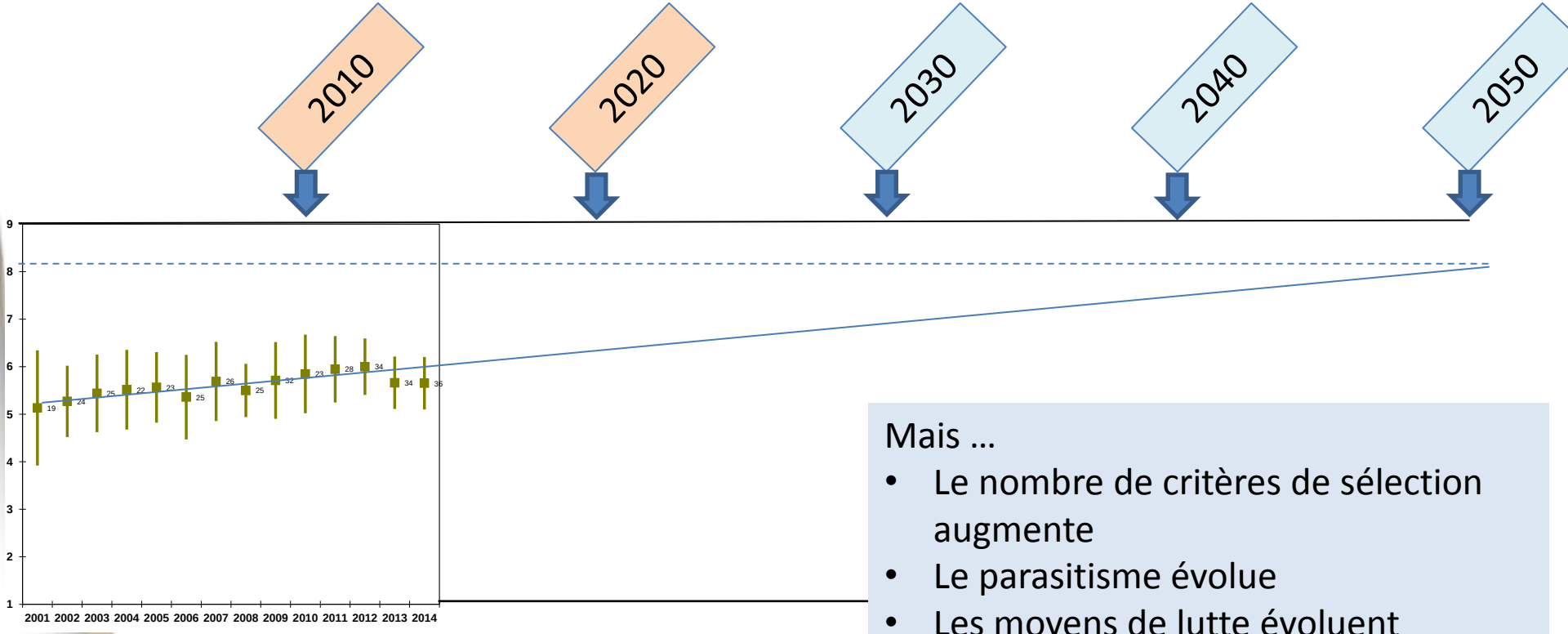
auxiliaires

Identifier des traits de résistance aux bioagresseurs

Citations cibles prioritaires	Travaux en cours *sur blé tendre*
Piétin échaudage	Projet FSOV « Take NOTAII » PDC
JNO	Projet FSOV « blé tendre JNO » RV
Mosaïques	Projet FSOV « Mosaïc » sur BT et BD DH
Critères spécifiques à AB	Épreuves CTPS, pouvoir couvrant CASDAR Semences « ECOVAB » et « Carie ABBLE »
Maladies	Projet FSOV Rouille Brune PDC Projet FSOV septoriose RenSeq DH H2020 en dépôt RustWatch (PDC) FSOV Michrodochium

Citations cibles prioritaires	Travaux en cours sur orges
Mosaïques	Projet CASDAR semences : MOSA HORDEUM
Résistance au piétin échaudage	**Take NOTAII** (FSOV)
Comportement des variétés OH à JNO	Projet FSOV JNO orge étude de la variabilité et recherche de marqueurs

Progrès génétique tendanciel sur la septoriose du blé

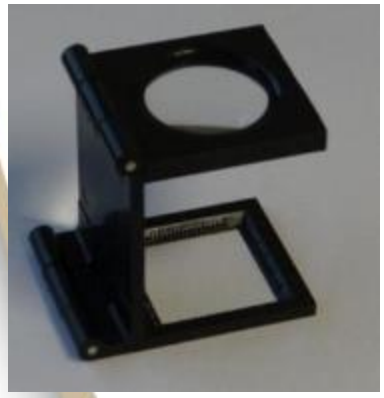


Mais …

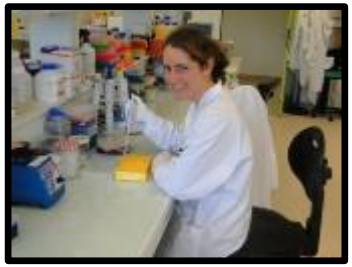
- Le nombre de critères de sélection augmente
- Le parasitisme évolue
- Les moyens de lutte évoluent
- Les résistances augmentent
- …

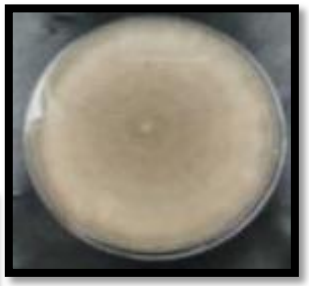
Caractérisation du risque

- Observations (pièges, réseaux de suivi,…)
- Identifications
- Modèles
- Outils d'aide à la décision



mileos®





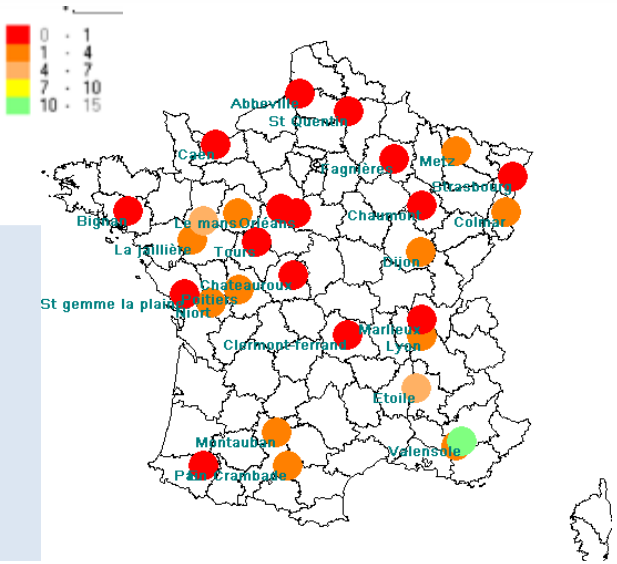
Prévi-LIS®
stades et maladies du blé

Vigicultures®

Observations en di

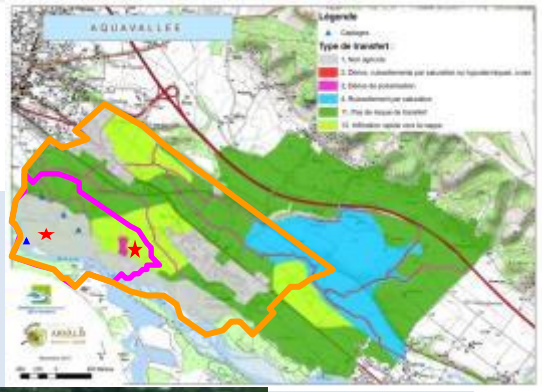
Lutte physique

- Désherbage mécanique dont robots
- Défanage mécanique ou thermique
- Désinfection thermique des semences
- Ventilation au stockage…



Exemple du nombre de jours disponibles quatre années sur cinq entre 3 F et tallage pour le blé tendre pour intervenir avec un outil de désherbage mécanique

Lutte chimique raisonnée



- Evaluation des innovations
- Prévention des risques de transfert
- Pulvérisation de précision :
  - Buses, volumes
  - Adjuvants, conditions d'application
  - Guidage
  - Coupure de tronçons
  - Sélection automatique de buses…
- Télédétection and robots desherbeurs

Biocontrôle et plantes-pièges

Biocontrôle contre les maladies et ravageurs

- Substances naturelles
- Micro-organismes (champignons entomopathogènes, nématodes entomopathogènes, champignons antagonistes…),
- Eliciteurs, stimulateurs de défense des plantes
- Ecologie chimique

Bioherbicides, allélopathie

Biocontrôle comme inhibiteur de la germination

Plantes pièges (pucerons, altises, nématodes…)

Cultures	Macro-organismes	Microorganismes	Médiat. chim.	Substances Naturelles
Céréales à paille		**Cerall ®** (*Pseudomonas chlororaphis MA432*) →carie **Polyversum ®** *(Pythium oligandrum M1)*→ Fusarium		**Vacciplant GC®** (*laminarine*)→SDP blé, orge **Soufre** ***Nombreuses spécialités*** (→ oïdium) **Coopseed®** (*sulfate de cuivre)* → TS céréales **Silicosec ®** *(terre de diatomée)* → ravageurs des denrées stockées)
Maïs	**Trichotop ® Maïs / TR16+®…** *(Trichogramma brassicae)*→pyrale	**Helicovex ®** *(virus Helicoverpa armigera)*→Héliothis **Ostrinil®** (*Beauvaria bassiana strain 147*) →pyrale **Costar®** (*Bt var kurstaki)* →chenilles phytophages		**Success 4®**(*Spinosad, extrait de Saccharopolyspora spinosa)* →pyrale, chenilles phytophages **Success GR** →taupins
P.de terre		**Novodor FC®**(*Baccillus thurengiensis*) →doryphore **Naturalis®** *(Beauvaria bassiana)* →taupins **Costar®** (*Bt var kurstaki)* →chenilles phytophages		**Success 4®**→coléoptères phytophages **Huile de vaseline** ***Nombreuses spécialités*** →virus non persistants **Beloukha®** (acide pelargonique) → défanage **Biox-M®** (huile de menthe verte) →antigerminatif
Tabac		**Flocter** *(Bacillus firmus i-1582)* →nématodes **Costar®** (*Bt var kurstaki)* →chenilles phytophages		**Huile de paraffine** ***Nombreuses spécialités*** →virus non persistants **PREV-AM** *(huile d'orange douce)* →aleurodes
Crucifères oléagineuses	**Aliendor ®** *(Diaretiella rapae)* → Pucerons	**Ballad ®** *(Bacillus pumilis QST 2808)* →sclérotinia **Poylversum ®** (Pythium oligandrum M1→ sclérotinia **Contans WG®** (*Coniothyrium minitans*)→champignons autres que pythiacées (sclérotinia)		
Traitements généraux		**Dipel DF® / Delfin®** ***(****Bacillus thuringiensis var. kurstaki)* → Chenilles phytophages		**Sluxx HP®/Ironmax®** (*phosphate ferrique*)→limaces

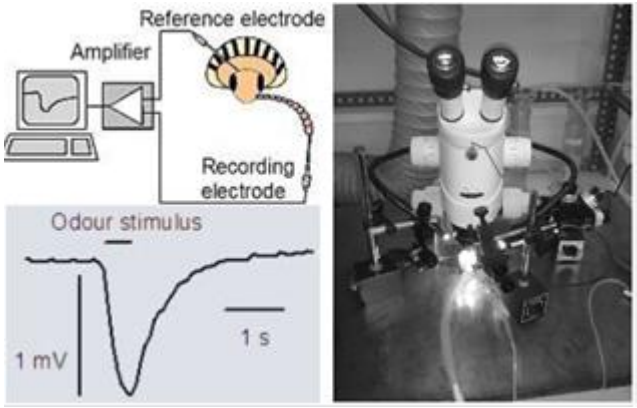
En rouge *les produits qui répondent à la définition du biocontrôle, mais ne sont pas éligibles en raison de leur profil toxicologique ou écotoxicologique*

Ecologie chimique

Comment modifier les relations entre un ravageur cible et sa plante hôte ?

1 - Capter les odeurs émises par les plantes

2 - Sélectionner les substances contenues dans ces odeurs et qui font réagir le ravageur

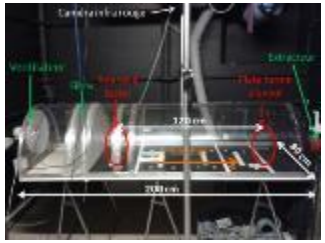


Travaux en cours :

- **Bruche** de la fève (avec INRA, Terres Inovia)
- **Pyrale** du maïs (avec INRA)
- **Taupins** (avec Université Gembloux)

3 - Elaborer un composé attractif et le tester

Au champ

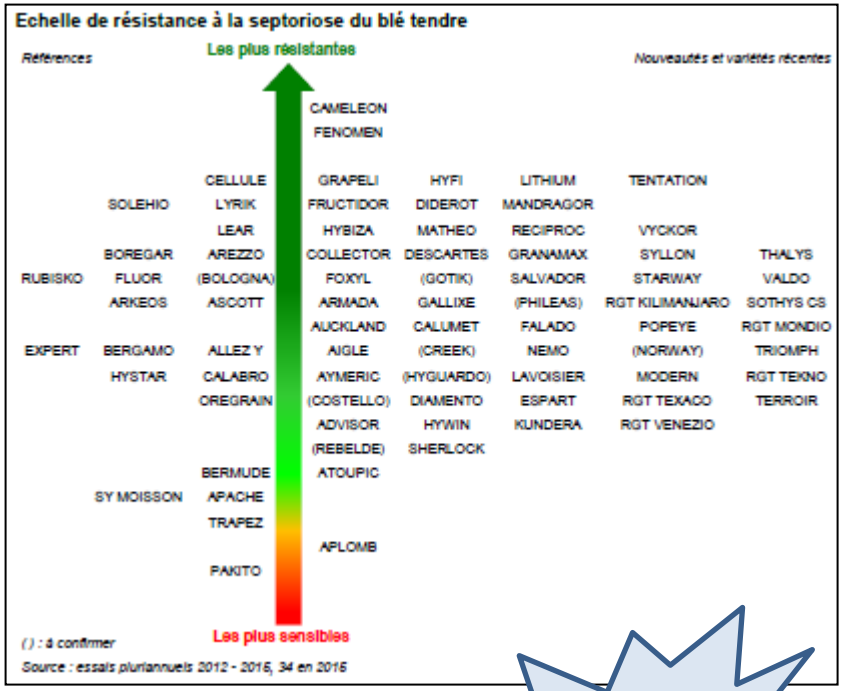


En conditions contrôlées

Combinaison des leviers
Ex : diagnostic et génétique sur blé tendre

Modèle d'évaluation des risques

Résistance des variétés (ex septoriose)



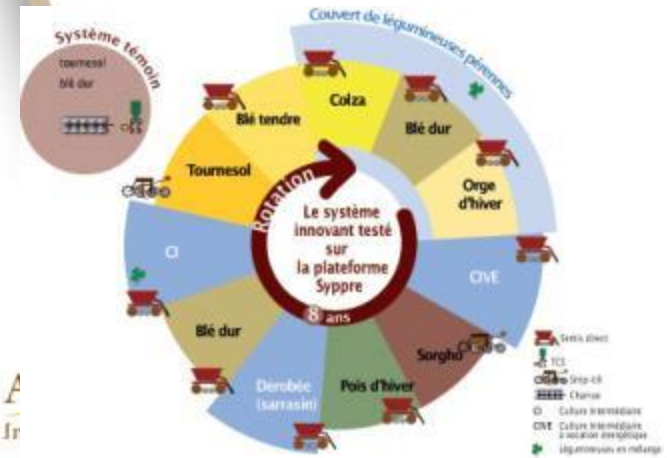
Fiche CEPP disponible

Fiche CEPP disponible

Economie potentielle de 25% des fongicides

Approche systèmes de culture

- Projet collaboratif inter instituts avec implication des producteurs
- Mettre au point des systèmes de production ambitieux combinant performance et sobriété/intrants



Un outil d'évaluation multicritère : Systerre®

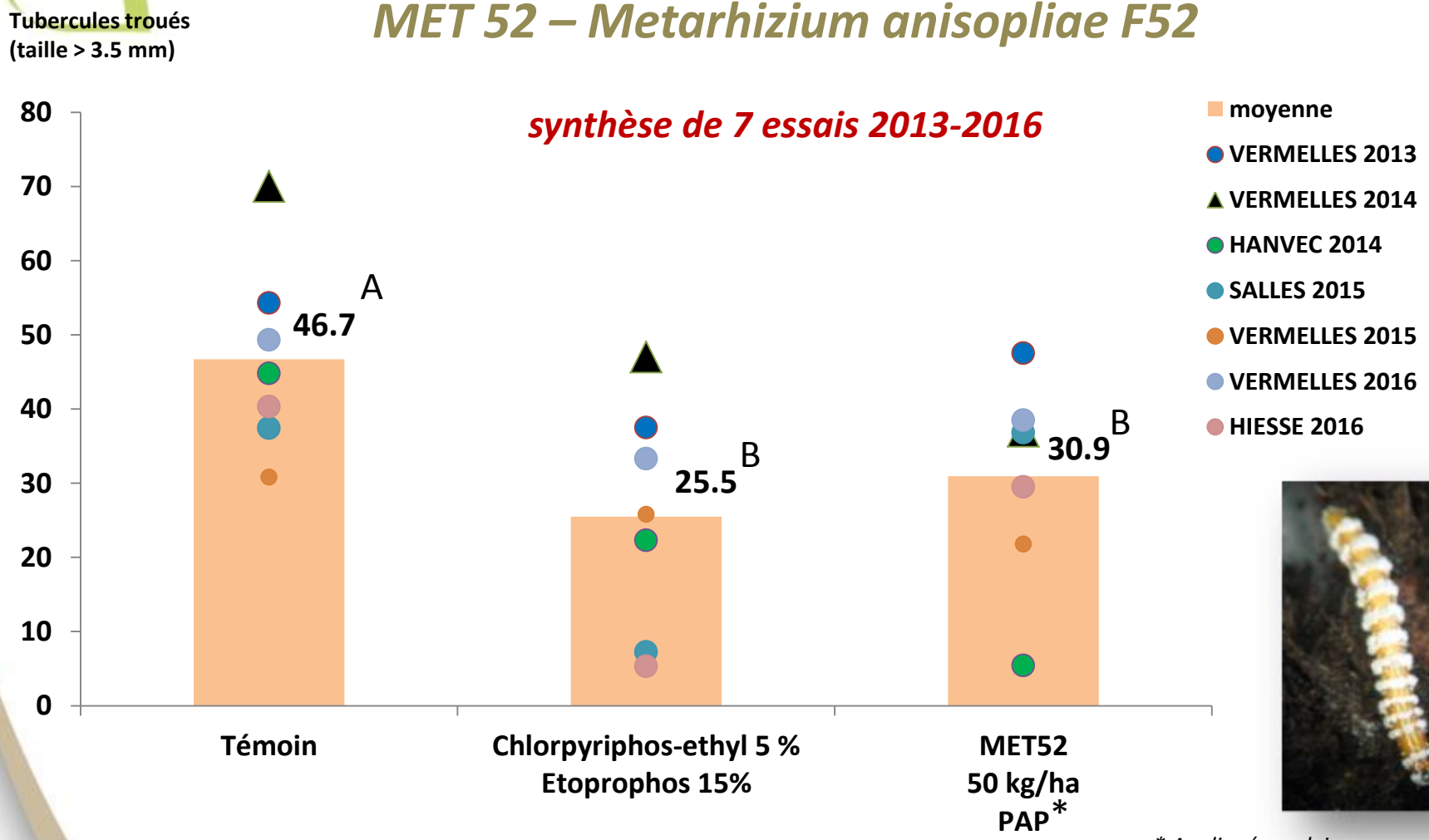
PIC et lutte contre les taupins

Lutte directe	▪ Lutte chimique raisonnée : évaluation des innovations ▪ Biocontrôle : substances naturelles et microorganismes, confusion sexuelle (Projet TAUPIN'up), écologie chimique (avec Université Gembloux)
Caractérisation du risque	Modélisation facteurs de risques (avec INRA IGEPP)
Prophylaxie	Lancement nouveau projet STARTAUP : écologie, itinéraires innovants

ARVALIS
Institut du végétal

Champignon entomopathogène

MET 52 – Metarhizium anisopliae F52



	Témoin	Chlorpyriphos-ethyl 5 % Etoprophos 15%	MET52 50 kg/ha PAP*
Efficacité %		**47 [16-87]** *Moy [min-max]*	**32 [2-88]**

** Appliqué en plein et incorporé sur 10-15 cm avant plantation*

ARVALIS Institut du végétal

Lutte contre la jaunisse nanisante sans imidaclopride

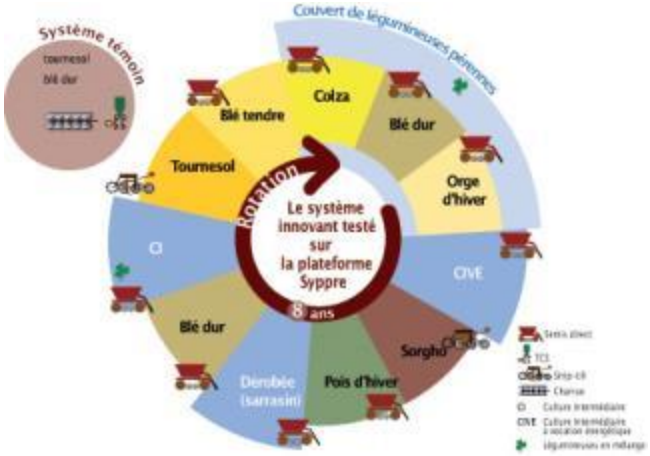
	Aujourd'hui	Demain ?
Lutte directe	Pyréthrinoïdes : choix positionnement (s)	*Risque résistance pyréthinoïdes* Nouveaux produits : *TS ou TPA*
Caractérisation du risque	Identification des pucerons et virus Suivi % plantes habitées	Quantification virus qPCR Pucerons et virus avant la culture (environnement) Suivi ailés OAD (météo, surveillance pucerons / virus, ITK, environnement …)
Prophylaxie	Gestion interculture (Choix espèces CI, repousses) Date de semis Variétés OH tolérantes	Poursuite travaux tolérance identification sensibilité variétale, intérêt mélanges ? Plantes de service - Push plantes compagnes - Pull avec céréales plus attractives ou précoces Évaluer et favoriser le contrôle biologique

Alternatives en R/D chez ARVALIS: agronomie et approche système

Syppre

ARVALIS Institut du végétal

Terres Inovia



Gestion du risque piétin verse : activer tous les leviers agronomiques

Incidence des techniques culturales		
Résistance variétale	+	• Les variétés avec les gènes Pch1 et Pch2 confèrent un bon niveau de résistance (Note GEVES ≥ 5). La résistance est encore plus élevée chez les variétés qui cumulent les deux gènes.
Rotation		• Les rotations courtes favorisent la maladie. • Les successions de blé sur blé qui laissent derrière eux des résidus contaminés sont à éviter.
Date de semis		• Les semis tardifs limitent les contaminations automnales.
Densité de semis		• Les faibles densités de semis limitent les contaminations de proximité entre les tiges.
Fertilisation azotée		• Les fortes doses d'azote augmentent la sévérité de la maladie.
Sol		• Le piétin verse est agressif sur les sols sableux, de craie et limoneux.
Travail du sol / enfouissement / broyage des résidus	−	• Le labour permet d'enfouir les résidus mais également de faire remonter à la surface des résidus contaminés. Le labour contribue ainsi à la survie de l'inoculum et est donc déconseillé.

Un projet dans la durée

Une ambition en quelques chiffres

- **+ 10 % de productivité/ha**
- **- 10 à - 40 % d'intrants**
- **- 10 à - 30 % d'émissions de gaz à effet de serre**
- **+ 1 à + 4 pour mille par an de carbone dans le sol**

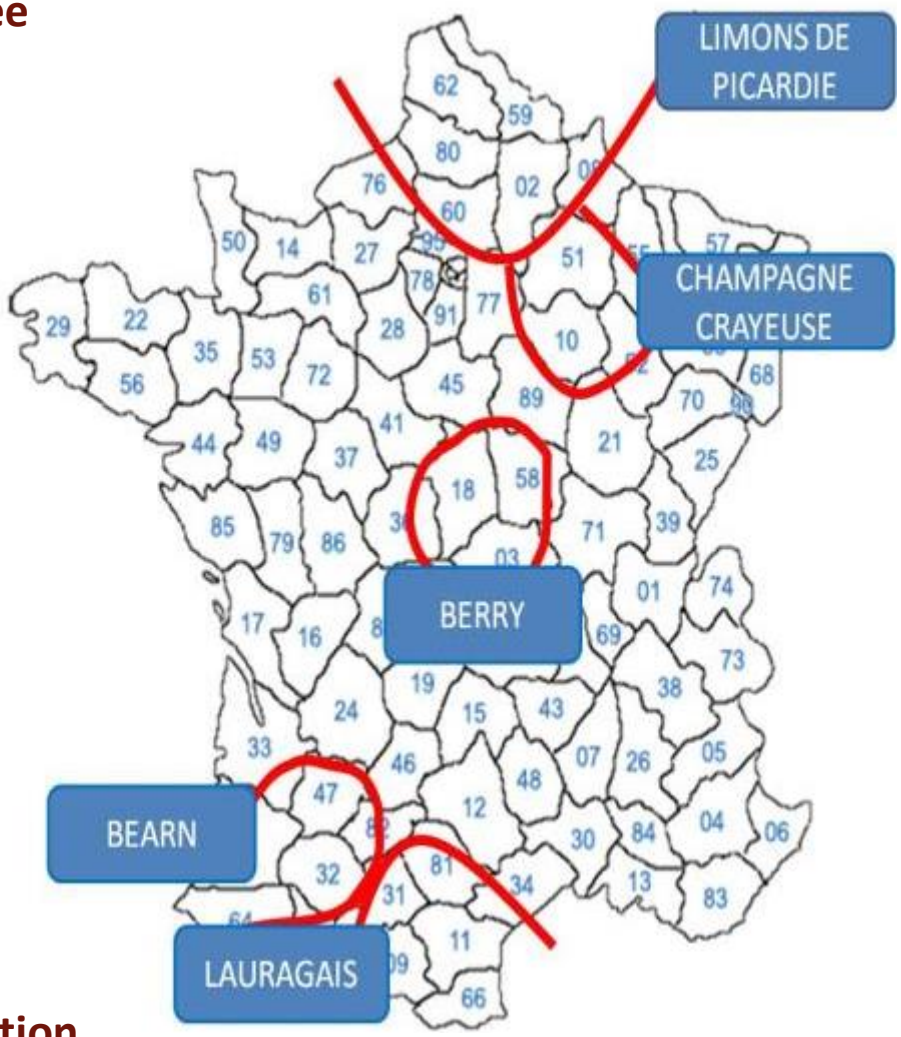
Le projet Syppre vise l'horizon 2025

Un projet / 5 régions

Une approche nationale déclinée dans 5 milieux agricoles contrastés de grandes cultures

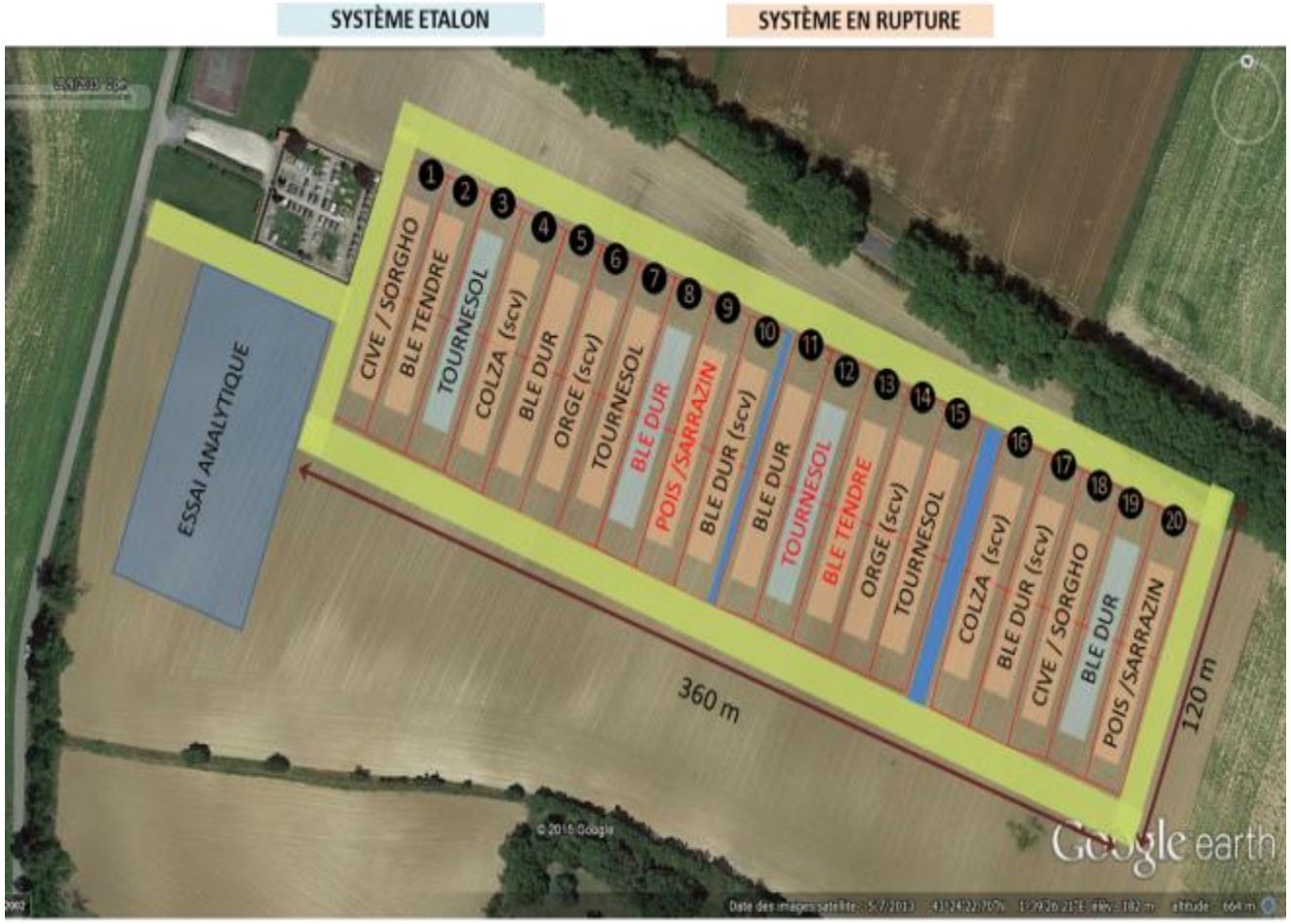
- **Plateformes génératrices d'innovation**
- **Pilotage inter-institut**

- **Réseaux d'agriculteurs innovants**
- **Implication de partenaires locaux**



Lieu d'échanges et de concertation avec 40 partenaires régionaux

Plan dispositif Lauragais



Problématiques régionales (s'additionnant aux problématiques nationales) Et principales stratégies testées

	Objectifs locaux	Principales stratégies expérimentées	Partenaires locaux
PICARDIE Limon profonds *Betteraves /Légumes/ SCOP*	↗ Production – dont Biomasse ↘ Azote minéral ↗Fertilité sol (MO, érosion, tassement)	• Rotation - durée, diversité (lég, maïs) • Cultures intermédiaires • Travail du sol profond limité • Alternance de techniques de travail du sol	• 3 agriculteurs • Agrotransfert, CA60, Uneal, UPJV, Unilet, INRA, CETA ht de somme, Grpe Carré, Noriap, Nord négoce
CHAMPAGNE Craie *Betteraves / SCOP*	↗ Production – dont Biomasse ↘ Azote minéral ↗ Qualité technologique ↗ Fertilité sol (érosion, tasst)	• Rotation – durée, diversité (lég, tourn.) • Produits résiduaires organiques • Cultures dérobées, semis associés • Travail du sol profond limité • Alternance de techniques de travail du sol	• 2 Agriculteurs • CA51, CA10, CRA CA, Cristal Union, Vivescia, Acolyance, Agrotransfert, FNAMS, Soufflet, CETA de Romilly
BERRY Arg. calcaires sup. *SCOP*	↗ Robustesse (€) ↗ Fertilité sol (↘Azote min.) ↗ Maîtrise adventices	• Rotation – durée, diversité (lentille, maïs) • Lutte intégrée des adventices • Alternance de techniques de travail du sol	• 4 Agriculteurs • Axereal, CA36, ETS Villemont
LAURAGAIS Argilo-calcaires Coteaux Sec *Tourn./Blé dur*	↗ Production – dont Biomasse ↗ Qualité technologique ↘ Azote ↗ Fertilité sol (érosion)	• Rotation – durées, diversité (dont lég) • Culture dérobées, plantes à Biomasse • Alternance de techniques de travail du sol • Semis sous couvert,	• 1 Agriculteur • CRA MP, CG31, INRA, PURPAN, ENSAT, LEGTA, Val de Gascogne, Arteris, SCA Qualisol, Agro d'Oc
BEARN Argiles humifères – Sec *Mono Maïs*	↘ Phyto ↗Maîtrise ravageurs, adventices = Production/marge	• Rotation (dont Lég.), • Couverts morts/vivants – interc./sous couvert • Travail du sol simplifié (strip till, semis direct)	• Agriculteur : à définir • CA 64, Euralis

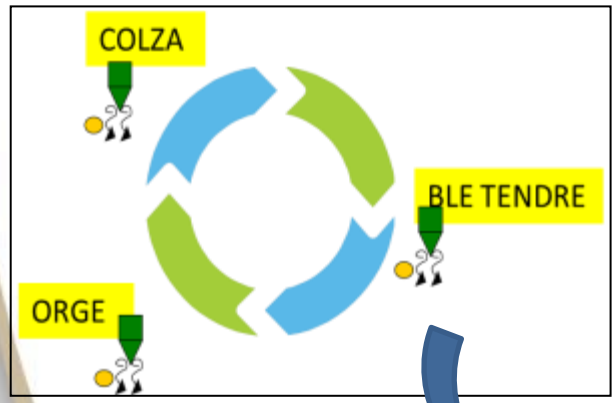
Sols argilo-calcaires du Berry

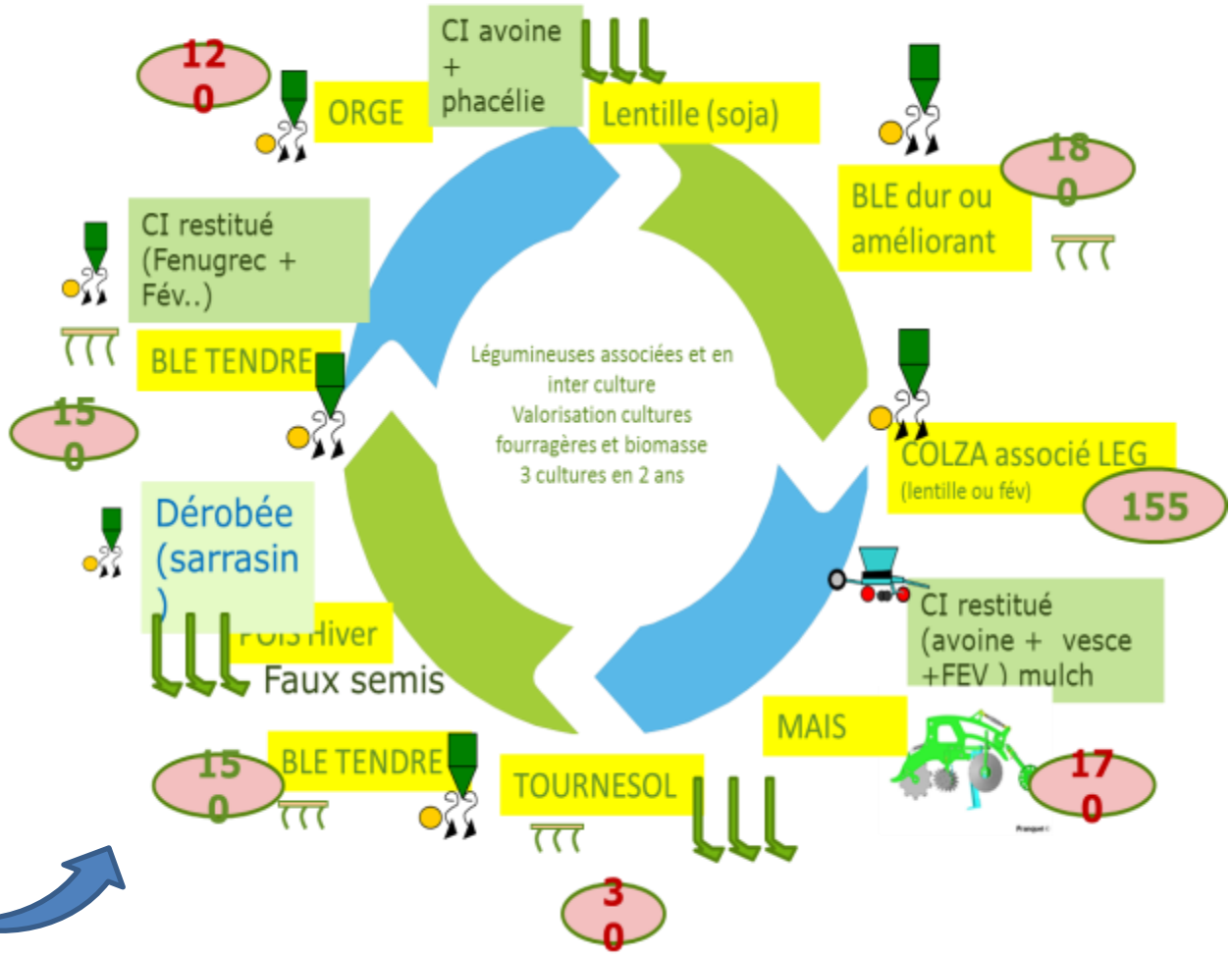
CR + Réseau : Gilles Sauzet
PO : Gilles Sauzet, Thierry Moulins
IR : Edouard Baranger

ARVALIS
Institut du végétal

SDC rupture BERRY

SDC Référence Berry





Semis direct

Strip-till

TCS

Labour ou Wprof

Plateforme Berry (Champagne Berrichonne)

- Rotation de base : SCOP
- Enjeux locaux : ↗ **Fertilité sol (dt obj ↘ Azote),** ↗ maîtrise adventices
- Leviers : rotation – durée, diversité (lentille, maïs), lutte intégrée des adventices, alternance de technique de travail du sol

Ex SYPRRE BERRY : Evaluation *ex-ante*

	Berry- SDC étalon_	Berry- Prototype 4	En % du SDC étalon
Marge semi-nette (€/Ha)	523.7	684.5	131%
Produit brut (€/ha)	1190.3	1243.6	104%
NRJ brute totale estimée (MJ/Ha)	195480	176737	90%
IFT Herbicide	2.9	1.9	65%
IFT Hors Herbicide	2.0	1.2	58%
Efficience économique des intrants	1.37	2.22	162%
Marge Brute avec aides (€/ha)	920.0	1109.8	121%
Marge Brute avec aides (€/he)	348.5	455.1	131%
Matière Active Total (g/ha)	2473	1791	72%
Matière Active Herbicide (g/ha)	2069	1351	65%
N Total (kg/ha)	156.7	101.2	65%
Temps de travail Total (h/ha)	2.6	2.4	92%
Consommation Energie Primaire Totale (MJ/ha)	11598	8597	74%
Emissions GES Totales (kgéqCO2/ha)	2133	1453	68%

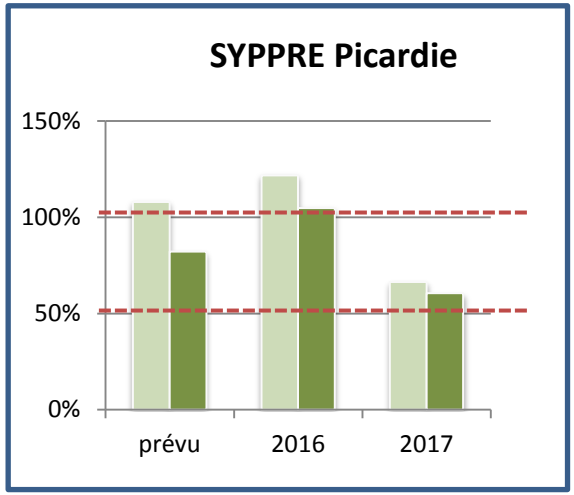
Le prototype en rupture atteint les objectifs à priori

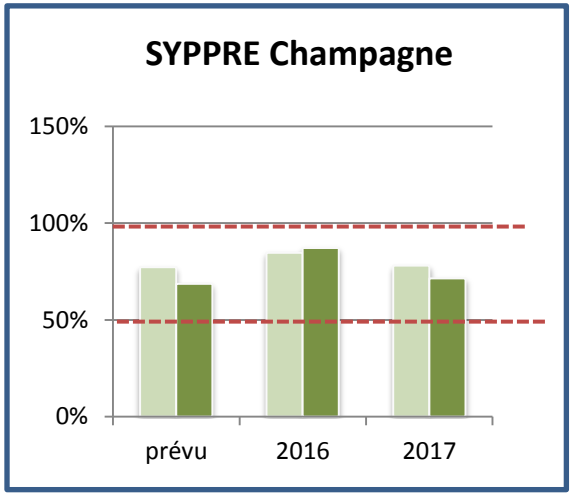
ARVALIS Institut du végétal

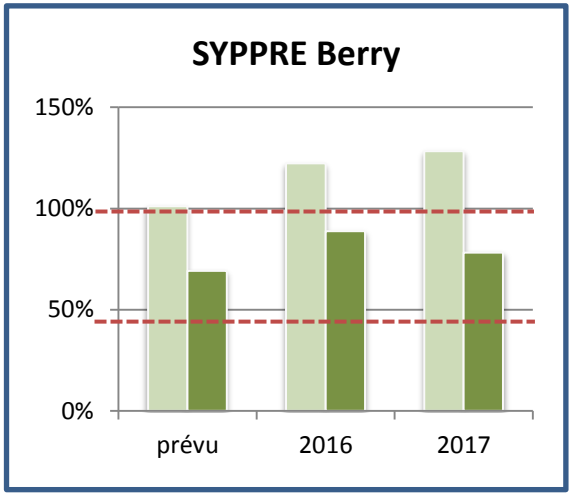
Premier résultats IFT Totaux

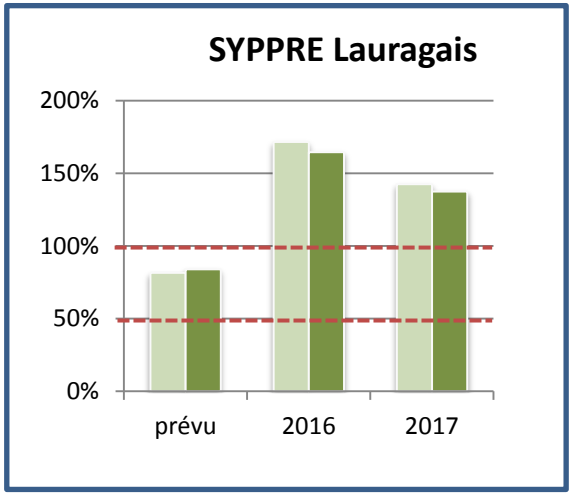
Sdc Témoins

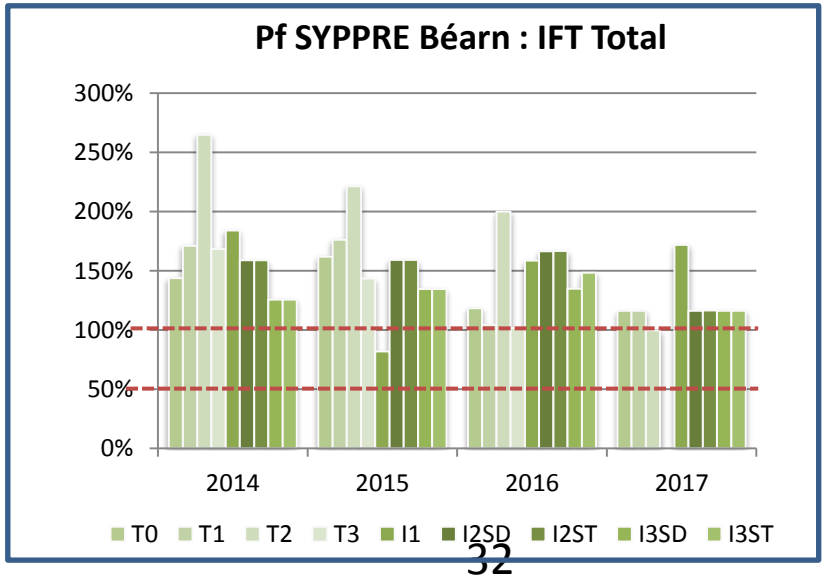
Sdc Innovants









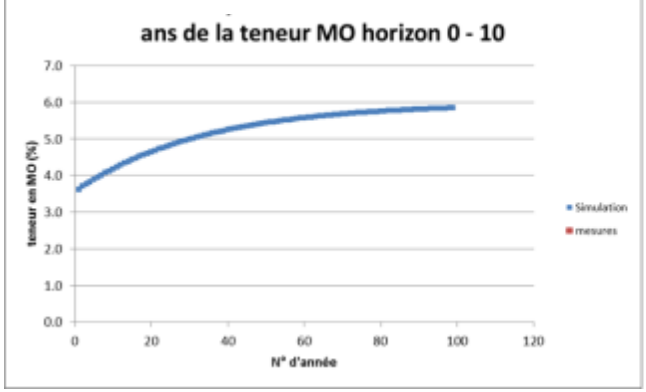


ARVALIS Institut du végétal

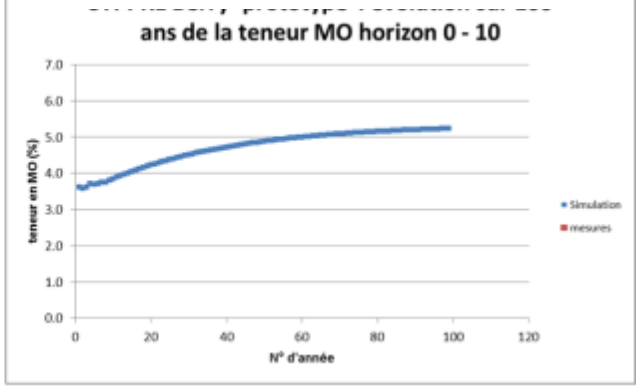
Ex : SYPPRE BERRY
Évaluation *ex-ante* – Critères agronomiques

Évolution des teneurs en matière Organique (AMG)

Système de Référence



Système en Rupture



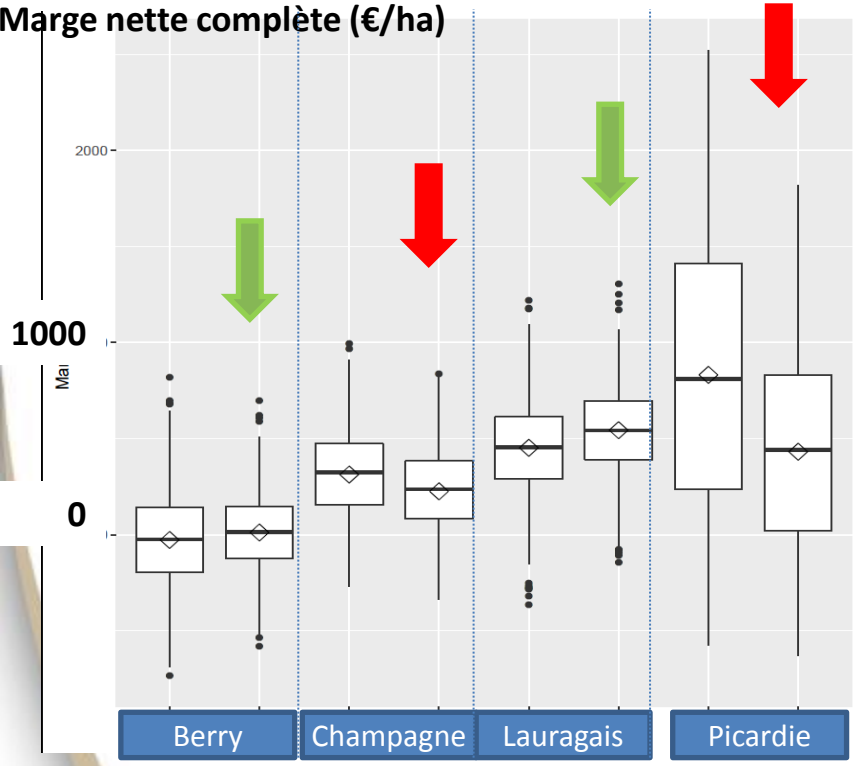
Impact nul à priori

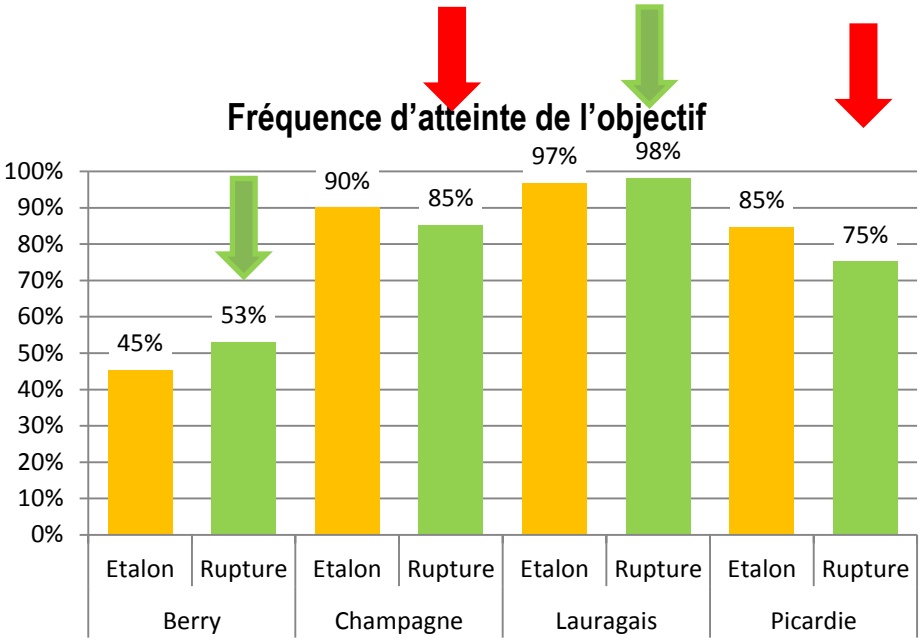
Risque Adventices – Odera

	Géranium disséqué	Vulpin	Brome mou	Ray-grass	Gaillet
Référence — Risque adventice (%)	55	46	55	48	55
Système en rupture — Risque adventice (%)	38	26	26	30	25

Situation améliorée à priori

Résultats : sensibilité des marges nettes complètes aux prix des cultures (rendements invariants)





- ✓ **Mêmes tendances**
- ✓ **Effets plus marqués que l'effet « rendement »**

ARVALIS Institut du végétal

Accompagnement du changement

Dossier PA Juin 2017 - N° 445 : Systèmes de culture : à chacun de choisir ses règles du jeu

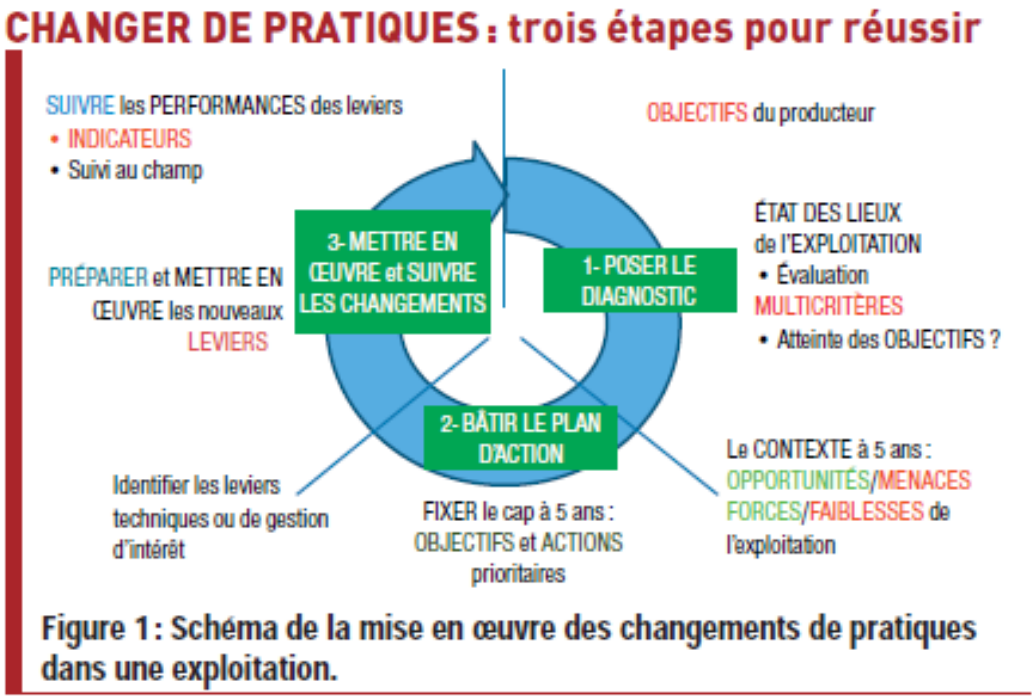


Figure 1 : Schéma de la mise en œuvre des changements de pratiques dans une exploitation.

LE DOSSIER

SYSTÈMES DE CULTURE

STRATÉGIE D'EXPLOITATION

CHANGER D'ÉCHELLE
pour prendre de la hauteur

L'agriculteur chef d'entreprise doit désormais gérer son exploitation de façon toujours plus flexible, en adaptant régulièrement son outil de production pour le rendre plus robuste. Pour ce faire, il faut raisonner, entre autres, à l'échelle des systèmes de culture.

Des solutions à rechercher « au bureau » comme « au champ »

Conclusions PIC: besoin d'innovations et de temps

- Nombreux bioagresseurs en évolution constante
- Protection nécessaire
- Peu d'alternatives aux PPP opérationnelles en grande culture

Court terme: optimiser la protection des cultures en valorisant les résistances génétiques actuelles et les OAD

Moyen terme: des innovations de rupture en cours de R/D, porteuses de solutions pour lutter contre les bioagresseurs avec moins de phytos

Long terme: progrès génétique sur maladies, ravageurs,…