



# SYSTEME de CULTURE EXPE

à la recherche de systèmes très économes en phytosanitaires

**Projet : RésOPest** - Réseau expérimental de systèmes de culture zéro-pesticides en Grande Culture et Polyculture-Elevage

**Site : Bretenière**

Localisation : INRA - Domaine expérimental d'Epoisses

21110 BRETENIERE

(47.236482, 5.097545)

## Système DEPHY : RésOPest Bretenière

Contact : **Alain BERTHIER** ([alain.berthier@inra.fr](mailto:alain.berthier@inra.fr))



Localisation du système (▲)  
(autres sites du projet △)

### Système de grande culture sans pesticides

**Site :** Unité Expérimentale INRA

**Durée de l'essai :** 2012-2023

**Conduite :** aucun apport de pesticides (hors stimulateurs des défenses naturelles et moyens biologiques répertoriés dans l'index ACTA). L'apport d'engrais de synthèse est autorisé.

**Dispositif expérimental :** 4 parcelles de 0,8 ha avec chaque année des termes différents de la succession culturale (qui est de 7 ans).

**Système de référence :** aucun système de référence n'est testé mais les performances du système de culture sont comparées à des données régionales et à celles du domaine expérimental.

**Type de sol :** sols argilo-limoneux hétérogènes (45 % d'argile). Sols drainés, non hydromorphes. Profondeur de 45 à 75 cm.

### Origine du système

Le réseau expérimental **RésOPest** a été lancé en 2012 suite à une étude de faisabilité financée par le **GIS Grande Culture à Haute Performance Economique et Environnementale**. Ses objectifs sont de concevoir, expérimenter et évaluer les performances de systèmes de culture sans pesticides et d'analyser le fonctionnement de ces agroécosystèmes, notamment les **régulations biologiques**.

Le **niveau de rupture est très important** par rapport aux pratiques agricoles conventionnelles et RésOPest se démarque de l'agriculture biologique par la possibilité d'utiliser des **engrais de synthèse**, ce qui donne, la possibilité de viser des niveaux de rendements plus élevés. Il est affilié au RMT Systèmes de Culture Innovants.

### Objectif de réduction d'IFT

 **100 %**

*Hors stimulateurs des défenses naturelle et moyens biologiques répertoriés dans l'index ACTA*

### Mots clés

Zéro-pesticides – Régulations biologiques – Diversification

### Stratégie globale

**Effizienz** ☆☆☆☆☆  
**Substitution** ★★★★★  
**Reconception** ★★★★★

*Effizienz : amélioration de l'efficacité des traitements*

*Substitution : remplacement d'un ou plusieurs traitements phytosanitaires par un levier de gestion alternatif*

*Reconception : la cohérence d'ensemble est repensée, mobilisation de plusieurs leviers de gestion complémentaires*



### Le mot du pilote de l'expérimentation

« La conversion en **zéro-pesticides** des parcelles dédiées à ce projet pouvait sembler une gageure notamment à cause de la présence de **chardons** et de **chiendent** en plus des **adventices classiques** (gaillets renoués, ...) mais les différents leviers mis en place, dont la **gestion contrôlée de la fumure azotée** et **l'implantation de CIPAN étouffants**, ont permis de conserver les parcelles propres après la 6<sup>ème</sup> récolte. Le site RésOPest est régulièrement visité par des groupes d'agriculteurs et de conseillers en quête de solutions pour diminuer les produits phytosanitaires ou pour envisager une conversion vers l'agriculture biologique. » A. BERTHIER

## Caractéristiques du système

### Rotation :



CIPAN : Culture Intermédiaire Piège à Nitrates

\* Comparaison de 2 conduites du blé : le 1<sup>er</sup> est semé tardivement afin de pouvoir réaliser des faux-semis en interculture et esquisser les levées de vulpins. Le second blé est semé plus précocement, en deux rangs espacés de 8cm et 25 cm entre chaque ensemble de deux rangs, afin de pouvoir biner. Il est possible que l'une de ces deux pratiques soit généralisée suivant les résultats obtenus.

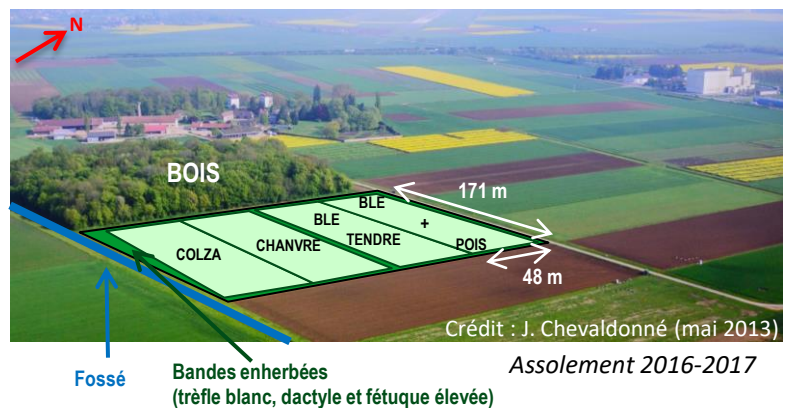
**Maintien des cultures représentatives de la région** selon le cahier des charges RésOPest : colza, blé et orge de printemps.

**Irrigation** : uniquement pour homogénéiser la levée des cultures et faciliter le désherbage mécanique.

**Travail du sol** : 3 labours sur 7 ans avant colza, soja et chanvre industriel. Utilisation des outils de désherbage mécanique : houe rotative, herse étrille et bineuse.

**Interculture** : en plus de leur rôle de pièges à nitrates, les CIPAN participent à la maîtrise des adventices en interculture. Avant l'orge, la CIPAN (féverole, vesce, nyger et phacélie) peut être remplacée par des faux-semis pour déstocker des adventices (vulpin par exemple).

**Infrastructures agro-écologiques** : des bandes enherbées d'une largeur comprise entre 3m et 6m (davantage le long du fossé) ont été implantées autour des parcelles dans l'objectif de favoriser la présence de carabes. Le choix des espèces semées et la gestion de ces bandes enherbées ont été définis de manière à maîtriser les adventices (surtout les chardons).



## Objectifs du système

Les objectifs poursuivis par ce système sont de quatre ordres :

Agronomiques	Maîtrise des bioagresseurs	Environnementaux	Socio-économiques
<b>Rendement et qualité</b> Sous la contrainte du zéro-pesticides et du maintien des cultures représentatives de la région, <b>maximiser une production commerciale respectant les cahiers des charges des filières.</b>	<b>Maîtrise des adventices</b> - Salissement n'occasionnant pas de pertes de rendement. - Absence de chardons et de rumex. - Pas de développement de tâches d'adventices montées à graines (gaillet, vulpin, pâturin).  <b>Maîtrise des maladies et ravageurs</b> Maintenir les maladies et les ravageurs à des niveaux de dégâts qui permettent d'atteindre les rendements et les normes de qualité visés.	<b>IFT</b> Contrainte forte <b>zéro pesticides</b> (hors stimulateurs des défenses naturelles et moyens biologiques répertoriés dans l'index ACTA).  <b>Autres impacts</b> Limiter les impacts environnementaux autres que ceux liés aux pesticides (pertes de nitrates, consommation d'énergie, conservation de la biodiversité, ...).	<b>Marge semi-nette</b> Le maintien du revenu de l'agriculteur est visé. <i>Marge semi-nette issue de Criter 5.4 évaluée selon la méthodologie du RMT SdCi (en regardant le nombre de SMIC par UTH qu'elle permet de dégager).</i>  <b>Autres impacts</b> Pas d'objectifs fixés mais évaluation de la durabilité sociale avec MASC 2.0 (voir ci-dessous).

Les systèmes de culture du réseau expérimental RésOPest font l'objet d'une évaluation multicritère à l'aide des outils Criter 4.5 et MASC 2.0 (voir résultats page suivante) afin :

- d'avoir une **vue d'ensemble** des performances obtenues ;
- de vérifier qu'il n'y a pas de **dégradation de performance** non-attendue (temps de travail, consommation d'énergie, ...) ;
- d'identifier les **axes d'amélioration** des systèmes de culture.

## Résultats sur les campagnes de 2013 à 2017

Le code couleur traduit le niveau de satisfaction des résultats vis-à-vis des objectifs initialement fixés : vert = résultat satisfaisant ; orange = résultat moyennement satisfaisant ; rouge = résultat insatisfaisant.

### > Maîtrise des bioagresseurs

	Colza H	Blé TH	CIPAN	Soja	Blé TH biné	CIPAN ou faux-semis	Orge P	CIPAN	Chanvre industriel	Orge H ou blé TH + Pois H
Maladies	✓	✗		✓	≈		✗		✓	≈
Ravageurs	✓	✓		✓	✓		✓		✓	✓
Adventices	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Les risques **maladies**, notamment sur céréales, restent **très élevés** en cas de forte pression comme pour 2016, malgré le choix de variétés plutôt résistantes.

Les **ravageurs** n'ont **pas occasionnés de pertes de rendement** même en colza pourtant réputé sensible. Le risque **puçerons d'automne** sur blé est minimisé par les dates de semis peu précoces et le risque **limaces** est minimisé par les passages d'outils de désherbage mécanique plus fréquents.

De manière générale, les **adventices sont bien maîtrisées**, toutes cultures confondues, à condition de pouvoir profiter de **créneaux d'intervention favorables**.

### > Performances agronomiques

Rendements RésOPest Bretenière et satisfaction de l'expérimentateur

Culture	Objectif de Rendement	2013	2014	2015	2016	2017
Colza	30 q/ha	-	32 (40)	-	-	40
Blé tendre	70 q/ha	62 (70)	-	65 (72)	-	-
Soja	25 q/ha	26 (?)	26 (25)	-	30 (30)	-
Blé tendre biné	70 q/ha	51 (70)	57 (56)	64 (72)	-	60
Orge P	50 q/ha	-	38 (38)	56 (37)	25 (39)	-
Chanvre	8 q/ha grain 8 t/ha paille	-	-	4,4 (6) grain 7,5 (6) paille	12 (7,5) grain 3 (3) paille	10 grain 4,2 paille
Blé ou Orge H + Pois H	40(orge) ou 50(blé) q/ha 10 q/ha pois	45 orge 5 pois	-	-	32 blé 3 pois	55 blé 10 pois

Le **rendement objectif est difficile à atteindre pour les céréales** même si on exclut l'année 2016.

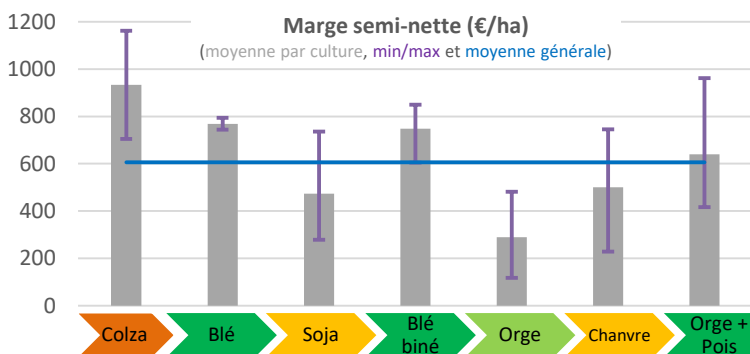
Le **raisonnement de la fertilisation** est sans doute à **améliorer** tout en veillant à ne pas favoriser les adventices.

L'écart de rendement entre **blé biné** et **blé semé tardivement** de 2013 est du à des pertes à la levée importante pour le premier. perte à la levée sur cette parcelle contre 38% sur l'autre blé. Sa densité de semis a été augmentée par la suite.

Les rendements entre parenthèses sont ceux des cultures conventionnelles dans la petite région. Le code couleur est défini en fonction de l'atteinte, soit de l'objectif de rendement, soit d'un rendement équivalent à ceux de la petite région.

## Evaluation multicritère sur les campagnes 2013 à 2017

### > Performances économiques



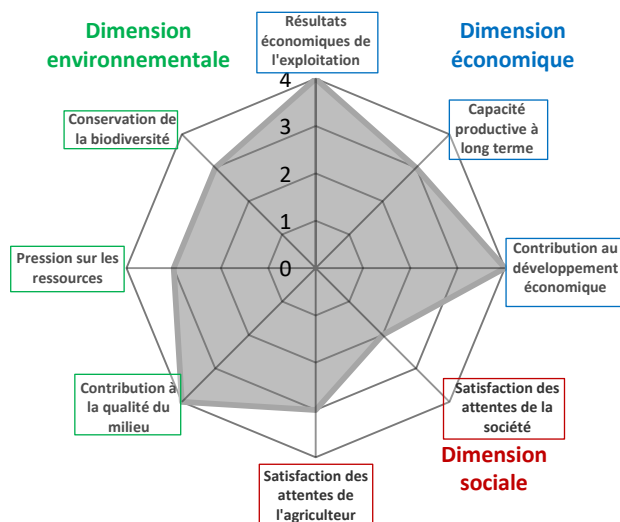
La marge semi-nette moyenne est de **600 €/ha/an** ce qui correspond à une rentabilité **très élevée** qui permet de dégager plus de **3 SMIC/UTH** sur la période 2013-2017. Les **marges semi-nettes des cultures de printemps** sont grevées par les coûts d'implantation des cultures intermédiaires (≈ 150 €/ha).

### > Performances environnementales

Les performances environnementales sont **très élevées** malgré une consommation d'énergie un peu élevée qui entraîne une efficacité énergétique **moyenne**.

### > Contribution au développement durable

(Criter 4.5 + MASC 2.0)



La contribution globale du système de culture au développement durable est **élevée**. La satisfaction **faible à moyenne** des attentes de la société est due à une **très faible** contribution à l'emploi, non recherchée dans ce système.



## Zoom sur un exemple d'approche système de culture

En 2014, une **mauvaise levée du soja** liée à la **sécheresse printanière** a entraîné une **double levée** et le désherbage mécanique n'a pas pu être entrepris tôt, entraînant une prolifération de chénopodes dans la parcelle. Les chénopodes ont retardé la maturité du soja, ce qui a entraîné un retard du semis du blé suivant et un moindre potentiel de rendement (pertes à la levée, date de semis tardive).

Pour remédier à ce type de situations, il a été décidé de **s'autoriser des irrigations juste après le semis** en cas de printemps sec, pour **régulariser la levée** et **permettre un désherbage mécanique précoce** et donc efficace.

Cette modification des règles de décision aura un effet sur la culture du soja mais aussi jusqu'au blé suivant, montrant ainsi **l'intérêt d'une approche système de culture**.

## Transfert en exploitations agricoles

Etant donné le **niveau de rupture élevé** des systèmes de culture RésOPest, les systèmes de culture conçus n'ont pas vocation à être transférés directement dans des exploitations agricoles.

Néanmoins, la présentation de ces essais et de leurs résultats peuvent être source d'inspiration pour des agriculteurs ou des conseillers, dans le cadre d'une démarche de conception de systèmes de culture économes en produits phytosanitaires.

En 2016, 120 personnes ont pu visiter l'essai RésOPest de Bretenière.



Crédits photo : INRA

Visite de l'essai ResOPest de Bretenière

## Pistes d'améliorations du système et perspectives



Les résultats obtenus depuis le début de l'expérimentation sont **très satisfaisants** avec une **bonne maîtrise des bioagresseurs** en année normale et de **bons résultats économiques**.

La **consommation d'énergie est élevée**, en grande partie à cause de nombreux passages de travail du sol destinés principalement à lutter contre les adventices. Une réflexion devra être menée afin de **voir s'il y a une marge de progrès** sur ce point sans toutefois dégrader la productivité du système et obérer la capacité productive à long-terme en laissant se développer exagérément les adventices.

Le **remplacement du chanvre industriel par un tournesol** pourrait être testé lors de la 2<sup>ème</sup> succession du système afin **d'accroître le domaine de validité** aux zones sans filière chanvre. Attention cependant au risque d'augmentation du nombre de passages de travail du sol et à la consommation d'énergie.

Une **plateforme d'expérimentation en agroécologie** à différentes échelles (CA-SYS) se met en place à l'échelle des 120 ha de SAU de l'unité expérimentale de Bretenière. Ses objectifs sont de (i) mettre au point et évaluer des systèmes agroécologiques, (ii) étudier la transition vers ces systèmes, (iii) sélectionner des variétés adaptées à des conduites agroécologiques, (iv) comprendre les processus biologiques impliqués dans le fonctionnement d'agroécosystèmes en agroécologie, et (v) développer/renouveler les méthodes expérimentales pour produire des connaissances dans des conditions agroécologiques et sur des systèmes agroécologiques.

L'essai RésOPest est partie prenante de cette plateforme car le système de culture zéro-pesticides testé mobilise déjà des principes agroécologiques. Les premiers résultats de RésOPest seront mobilisés dès la conception des systèmes agroécologiques de la plateforme CA-SYS et réciproquement, les méthodes et connaissances produites dans le cadre de la plateforme CA-SYS bénéficieront à RésOPest.

Pour en savoir **+**, consultez les fiches **PROJET** et les fiches **SITE**

Action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture et le ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence française pour la biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto.

Document réalisé par **Vincent Cellier, Alain Berthier et Violaine Deytieu** (INRA Bretenière).

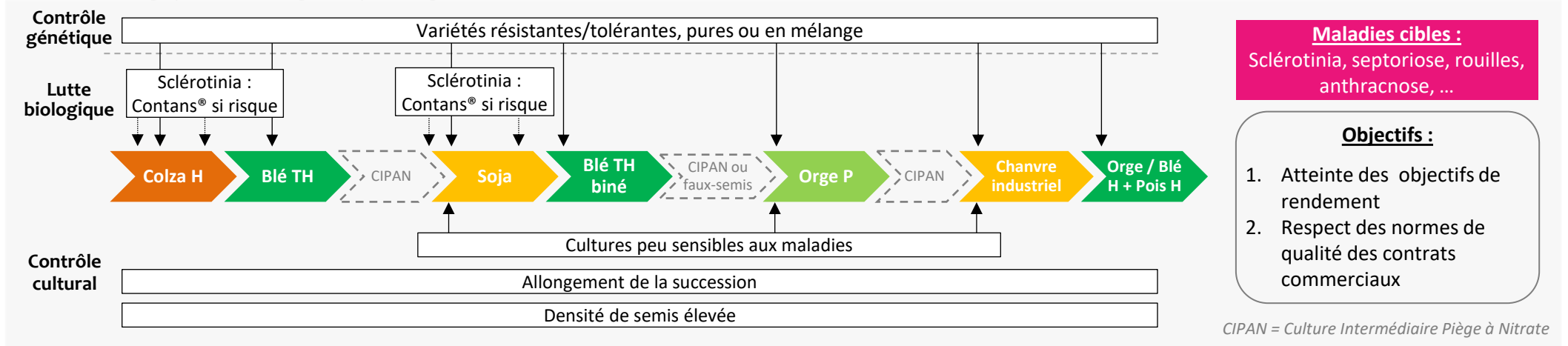




# Stratégie de gestion des maladies



Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des maladies.



*Leviers*

*Principes d'action*

*Enseignements*

	<i>Leviers</i>	<i>Principes d'action</i>	<i>Enseignements</i>
<b>Variétés résistantes/tolérantes, pures ou en mélange</b>	Choisir des variétés résistantes/tolérantes pour réduire les dommages en cas d'attaque (orge de printemps moins sensible que l'orge d'hiver en raison de son cycle plus court ; peu de maladies sur soja à part un risque sclérotinia ; pas de maladies sur chanvre pour le moment).	Des variétés avec la même note de résistance peuvent avoir des comportements différents. Il n'est pas toujours facile de trouver des variétés ayant un bon profil maladies dans le panel contractualisé par les organismes stockeurs.	
	Combiner les profils de résistance et réduire la propagation de la maladie en cas d'attaque.	Mesure efficace, les variétés sensibles sont moins attaquées en mélange qu'en pur. Le choix est limité en semences non-traitées.	
<b>Lutte biologique</b>	Application de Contans® avant et/ou après la culture sensible en cas de risque sclérotinia.	Solution peu utilisée, l'allongement de la succession semblant contenir la maladie.	
<b>Culture peu sensible</b>	Eviter les risques importants d'attaque par les maladies.	L'orge de printemps est moins sensible aux maladies que l'orge d'hiver mais décroche quand même en cas de forte pression (2016). Le chanvre et le soja sont peu sensibles aux maladies.	
<b>Allongement de la succession</b>	Eviter le retour trop fréquent de cultures sensibles aux mêmes maladies.	Mesure efficace mais non suffisante en cas de contexte de forte pression maladies (2016).	
<b>Densité de semis élevée</b>	Compenser les pertes à la levée en l'absence de traitements de semences.	Les pertes à la levée sont de l'ordre de 50 % en céréales. L'accroissement de la dose de semis permet d'avoir un peuplement correct (ex. semis à 450 gr/m <sup>2</sup> (au lieu de 350) pour un objectif de peuplement de 300 pl/m <sup>2</sup> ).	

Culture de chanvre industriel sur le site de Bretenièrre (récolte 2015)

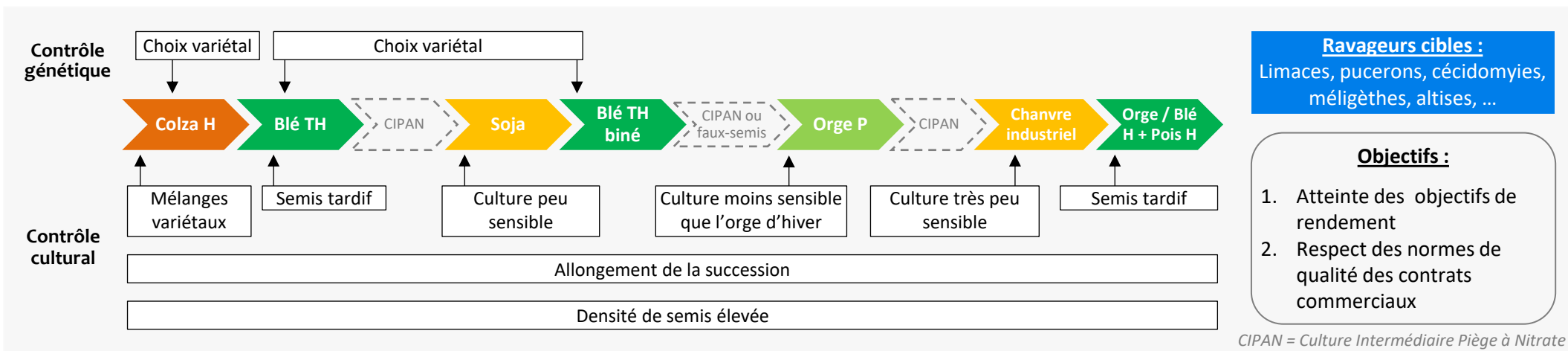


Crédit photo : A. Berthier INRA

# Stratégie de gestion des ravageurs



Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des ravageurs.



CIPAN = Culture Intermédiaire Piège à Nitrate

## Leviers

## Principes d'action

## Enseignements

Leviers	Principes d'action	Enseignements
<b>Choix variétal</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colza : bonne vigueur à la levée.</li> <li>- Blé TH : limiter les attaques de ravageurs par le choix de variétés tolérantes aux cécidomyies et barbues (limiter pucerons).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colza : il est dommage qu'il soit très difficile de trouver des semences de variétés hybrides non-traitées car elles seraient bien adaptées.</li> <li>- Blé TH : mesure efficace mais le choix est limité en semences non-traitées.</li> </ul>
<b>Mélanges variétaux</b>	10 % variété précoce afin de fournir une source d'alimentation précoce aux méligèthes pour éviter les dégâts sur siliques.	Le mélange de 10 % d'une variété précoce peut limiter les dégâts dus aux méligèthes en année de forte présence.
<b>Semis tardif</b>	Semer les céréales d'automne après la période d'activité des insectes d'automne.	Peu de pucerons observés à l'automne sur les plantules.
<b>Culture peu sensible</b>	Eviter les risques importants d'attaque par les ravageurs.	Pas de dégâts observés, ni sur chanvre industriel ni sur soja (hors pertes à la levée).
<b>Allongement de la succession</b>	Eviter le retour trop fréquent de cultures sensibles aux mêmes ravageurs.	Mesure qui semble efficace pour le colza qui n'a pas fait l'objet de pertes dues aux ravageurs.
<b>Densité de semis élevée</b>	Compenser les pertes à la levée en l'absence de traitements de semences et compenser les dégâts des ravageurs.	Les pertes à la levée sont de l'ordre de 50 % en céréales. L'accroissement de la dose de semis permet d'avoir un peuplement correct.

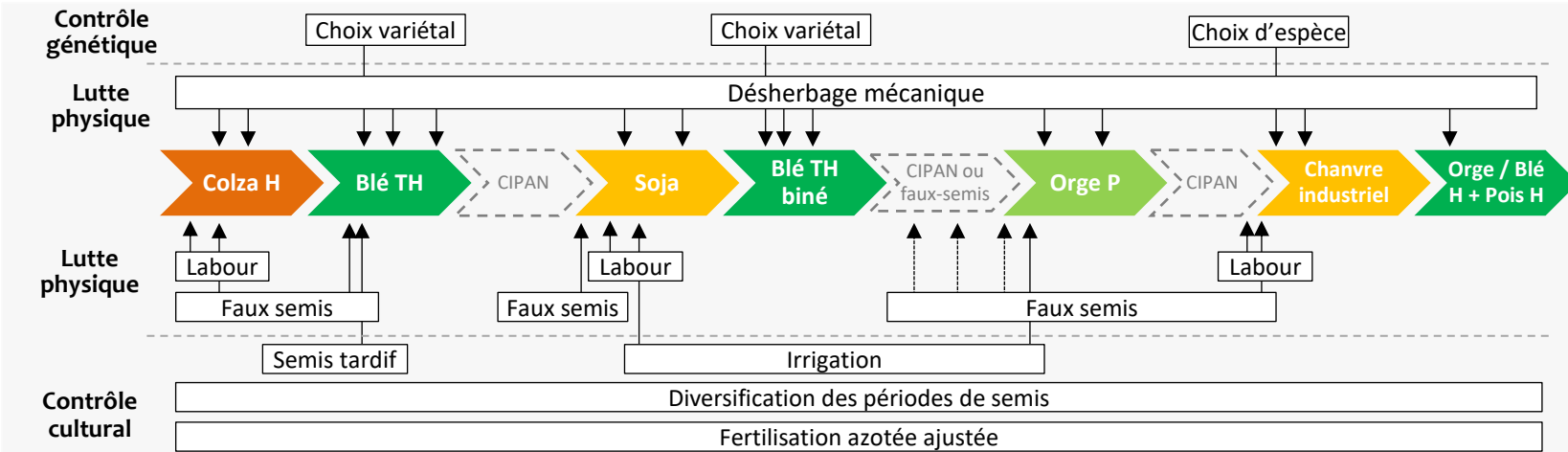
Variété de blé barbu pour limiter les dégâts de pucerons



Crédits photo : INRA Bretenière.

# Stratégie de gestion des adventices

Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des adventices.



**Adventices cibles :**  
Chardons, rumex, gaillet, vulpin, pâturin, chénopode, morelle, ...

- Objectifs :**
1. Salissement n'occasionnant pas de pertes de rendement
  2. Absence de chardons et de rumex
  3. Pas de développement de tâches d'adventices montées à graines (gaillet, vulpin, pâturin, ...)

CIPAN = Culture Intermédiaire Piège à Nitrate

## Leviers

## Principes d'action

## Enseignements

<b>Désherbage mécanique</b>	Désherbage mécanique en culture à l'automne et au printemps : détruire les adventices sans détruire la culture (houe rotative, herse étrille et bineuse).	Ne pas hésiter à l'utiliser très tôt après le semis. Attention à la consommation d'énergie qui peut diminuer les performances.
<b>Labour</b>	Alternance labour/non-labour : 3 labours sur 7 ans.	Levier très efficace sur adventices à faible durée de vie dans le sol.
<b>Diversification des périodes de semis</b>	Permettre de détruire un large spectre d'adventices levant à des périodes différentes : printemps précoce (orge) et tardif (chanvre et soja), fin d'été (colza), automne précoce et tardif (blé).	C'est la méthode de base pour éviter l'apparition d'une flore dominante sur la parcelle.
<b>Fertilisation azotée ajustée</b>	Ajuster la fertilisation au plus près des besoins de la culture afin d'éviter le développement des adventices.	Fertilisation de base pour un rendement inférieur à l'objectif et en cas de bon potentiel, apport d'un complément. Cette technique permet d'éviter de trop forts reliquats pouvant bénéficier aux adventices.
<b>Choix variétal ou d'espèce</b>	Utiliser les caractéristiques des variétés/espèces cultivées pour limiter le développement des adventices. Variétés de blé TH couvrantes et chanvre qui est une espèce très couvrante pour limiter le salissement sur le rang.	- Chanvre : espèce très couvrante mais il faut l'implanter sur sol réchauffé afin d'avoir un démarrage rapide de la végétation. - Une variété de blé couvrante permet de limiter le salissement sur le rang.
<b>Faux semis</b>	Faire lever les adventices en interculture en préparant un lit de semences et les détruire ensuite. L'opération peut être renouvelée plusieurs fois si l'interculture est longue.	Préparer le lit de semences de plus en plus superficiellement au fur et à mesure que le semis approche et ne pas travailler le sol profondément au semis pour ne pas faire lever de nouvelles adventices.
<b>CIPAN</b>	Etouffer les adventices afin d'éviter qu'elles se développent et grainent en interculture.	Une implantation précoce est essentielle pour assurer un bon développement du couvert.
<b>Semis tardif</b>	Permet une esquive des adventices à levée automnale et/ou des ravageurs d'automne comme les pucerons des céréales.	Semis tardif du blé de colza permet de réaliser des faux-semis sur une longue période pour lutter contre les adventices à levée automnale.
<b>Irrigation</b>	Régulariser la levée par temps sec afin de pouvoir désherber précocement.	Mis en place suite à des printemps très secs, ce levier n'a pas été utilisé depuis. Il nécessite de disposer d'une installation d'irrigation.

Une CIPAN semée tôt permet d'étouffer efficacement les adventices en interculture (ici mélange féverole, nyger, phacélie et vesce)



Crédits photo : INRA Bretenière.