



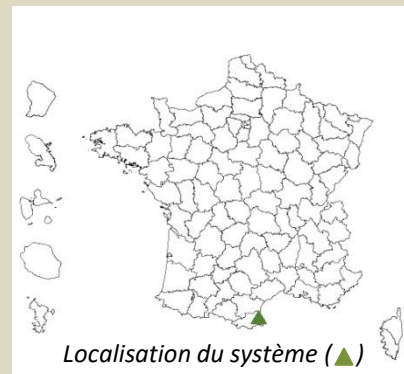
Projet : 4SYSLEG - Conception et évaluation multicritère de 4 SYSTèmes de production intégrée de cultures LEGumières sous abri non chauffé, adaptés à différents contextes technico-économiques

Site : INRA Alénia

Localisation : Mas Blanc 66200 ALENIA
(42.638608, 2.967014)

Système DEPHY : DivRED

Contact : Amélie LEFEVRE (amelie.lefevre@inra.fr)



Localisation du système (▲)

DivRED : système en vente directe en Protection intégrée

Site : station expérimentale INRA

Durée de l'essai : 2013-2018

Situation de production : culture en sol sous abris plastique

Espèces : Laitue, chou-rave, fenouil, céleri branche, mini blette, oignon botte, poivron, tomate, aubergine, concombre, haricot vert, courgette, melon

Conduite : protection intégrée

Circuit commercial : court (vente directe), marché de frais

Dispositif expérimental : 1 tunnel de 400m² dont 100m² en cultures associées sur le rang. Sans répétition spatiale et temporelle

Système de référence : en l'absence de système de référence, des références extérieures, des travaux participatifs et l'avis du pilote de l'expérimentation ont été combinés pour fixer des seuils permettant d'évaluer le système.

Type de sol : limono-sableux, légèrement carbonatés sur matériaux peu calcaires - sables limoneux à partir de 40 cm.

taux de MO (0-30cm 2017) = 1,54%

Sol non caillouteux. Risque de battance.

Origine du système

Le **système DivRED** vise la production d'une **grande diversité** de légumes **ultra-frais** en **protection intégrée** destinés à la **vente directe**. L'approvisionnement d'un stand de vente directe demande de produire **en continu avec des volumes modérés mais constants**, une **gamme** en privilégiant la **qualité gustative**. Afin de libérer du temps à l'exploitant pour commercialiser sa production, ce système doit contribuer à **l'optimisation du temps consacré à la production**. Cela passe entre autre pas une **simplification des modalités de conduite** des cultures.

Nous avons fait le choix de mettre la diversité des produits demandée au service de la régulation des bioagresseurs. Pour cela des **rotations longues** (délais de retour > 6 an) sont combinées à des **associations culturales** (3 espèces cultivées en même temps sur la même parcelle). Le choix des espèces associées intègre de multiples composantes (période, durée de culture, mode de conduite, besoins en eau et en fertilisants, sensibilité aux bioagresseurs,...). La succession culturale s'est stabilisée à partir de la campagne 2015 et elle est avant tout réfléchi pour **optimiser l'usage du sol** en réduisant autant que possible les périodes de sol nu. Un **engrais vert plurispécifique** est mis en place 1 automne sur 2 après une association de cucurbitacées (cycle court).

Objectif de réduction d'IFT

Produire avec un
IFT chimique et biocontrôle
le plus bas possible

Stratégie globale

Efficience ☆☆☆☆☆
Substitution ★★☆☆☆
Reconception ★★★★★

Mots clés

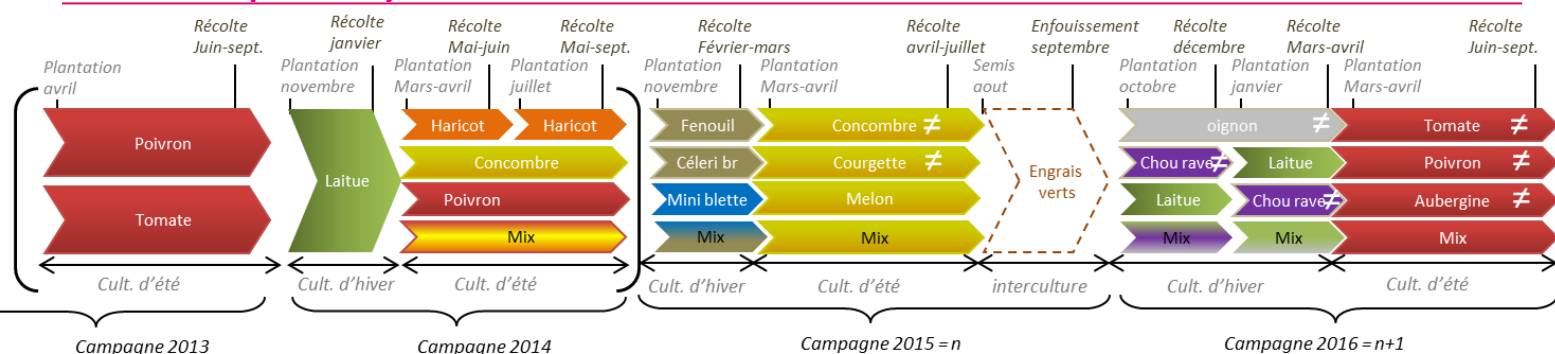
Maraichage sous abris – Circuit court – Protection intégrée – Bioagresseurs aériens et telluriques



Le mot du pilote de l'expérimentation

« Le défi technique de ce système vise à intervenir le moins possible pour gérer les bioagresseurs après plantation. Ainsi les stratégies de protection misent avant tout sur la régulation par les ennemis naturels indigènes en anticipant toutefois la lutte contre les ravageurs les plus à risque ; en été par des introductions de macroorganismes et en hiver contre les principales maladies par des application préventives de fongicide. Différents moyens sont mis en œuvre pour conserver et stimuler tous ces organismes bénéfiques indigènes (mycorhizes, auxiliaires, vers de terre,...) et favoriser la colonisation précoce des cultures. Lorsque les mesures préventives ne suffisent pas, des interventions se font avec des outils ciblés dans une logique de PBI et les plus respectueux possibles de la faune auxiliaire. » B. PERRIN

Caractéristiques du système



Succession culturale et agencement spatial du tunnel : en 2014, après une culture de salade révélatrice de l'état sanitaire de la parcelle, l'agencement spatial en quarts de tunnel est stabilisé et vise à associer à chaque cycle d'été et d'hiver 3 espèces différentes sous l'abri. Chacune des 3 espèces associées est cultivée en pur sur un quart du tunnel et en mélange 'Mix' sur le dernier quart. Dès 2015, une année enchaîne une association de 3 cultures d'hiver à cycle long suivie d'une association de 3 cultures d'été à cycle court, alors que l'année suivante enchaînera des cultures courtes d'hiver et une association de cultures d'été de cycles plus longs. Chaque quart du tunnel (hors Mix) suit une rotation longue avec des délais de retour d'une même espèce à 6 ans. Pour augmenter la segmentation de la gamme et la diversité cultivée, certaines espèces associent 2 types variétaux (symbole ≠).

Irrigation : les cultures d'hiver sont passées d'une irrigation par aspersion à un duo aspersion pour la reprise puis goutte-à-goutte. Les engrais verts sont arrosés par aspersion et les cultures d'été au goutte-à-goutte. Le pilotage de l'irrigation s'effectue par tensiomètre + tarière pour les cultures d'hiver, et ETP + tarière pour les cultures d'été et engrais verts.

Amendement et fertilisation : apport de compost de déchets verts tous les 2 ans à l'automne ; fertilisation organique et minérale. Calcul des apports basé sur les besoins théoriques des cultures, sur des tests nitrates pour évaluer le reliquat avant chaque mise en culture et sur des analyses de sol réalisées tous les 3 ans.

Travail du sol : recours à des outils non animés de type canadien pour un travail du sol en profondeur, et d'un vibroculteur avec rouleau pour un travail de surface pour la gestion des adventices et la préparation du lit de plantation.

Interculture : tous les 2 ans un engrais vert plurispécifique (sorgho-sarrasin-pois fourrager) de 40-50 jours est placé après l'association estivale de cycle court. Les engrais verts sont détruits au broyeur à fléau et enfouis au vibroculteur minimum 15 jours avant plantation de la culture suivante.

Gestion des adventices : paillage plastique sur les 2 planches pour les cultures d'hiver et sur les rangs pour les cultures de printemps-été. Désherbage manuel des allées et des bordures. Le travail du sol et les engrais verts contribuent aussi à la gestion des adventices.

Infrastructures agro-écologiques externes au tunnel : présence de haies arbustives, de bandes fleuries et parcelles de céréales.

Objectifs du système

Agronomiques	Maîtrise des bioagresseurs	Environnementaux	Socio-économiques
Rendement Objectifs de rendements moins élevés que pour les circuits longs.	... Aériens Maîtriser les niveaux de population afin d'éviter les dommages et les pertes Laitue : proportion de plants touchés par les pucerons, noctuelles, mollusques et mildiou < 5%, 10%, 10% et 5% resp.	IFT Produire avec un IFT chimique et biocontrôle le plus bas possible.	Marge brute Maîtriser les coûts de production Maximiser le chiffre d'affaire.
Qualité des produits Types variétaux attendus par le marché. Qualité gustative, sanitaire, fraîcheur. Critères de tri plus souples que pour les systèmes en circuit long (expédition).	... Telluriques Maintenir un bon état sanitaire des racines : indice de nécroses racinaires < 3 Laitue : proportion de plants touchés par <i>Botrytis</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Sclerotinia</i> et <i>noctuelles terricoles</i> < 30%, 30% et 5% et 5% resp.	Biodiversité Préserver les ennemis naturels (auxiliaires, mycorhizes, pollinisateurs) Effectuer un minimum d'introductions d'auxiliaires.	Temps de travail Optimiser le temps consacré à la production. Maîtriser le nombre de pulvérisations et de lâchers (attentes propres à chaque culture). Récolte en 1 seul passage pour les laitues. Pour toutes les autres cultures, production la plus régulière et étalée possible.
Fertilité des sols Maintien de la fertilité physique, chimique et biologique des sols.	... Adventices Eviter l'enherbement des parcelles.		

Résultats sur les campagnes de 2013 à 2018

Le code couleur traduit le niveau de satisfaction des résultats vis-à-vis des objectifs initialement fixés

😊 satisfaisant 😊 moyennement satisfaisant 😞 insatisfaisant ☐ non concerné

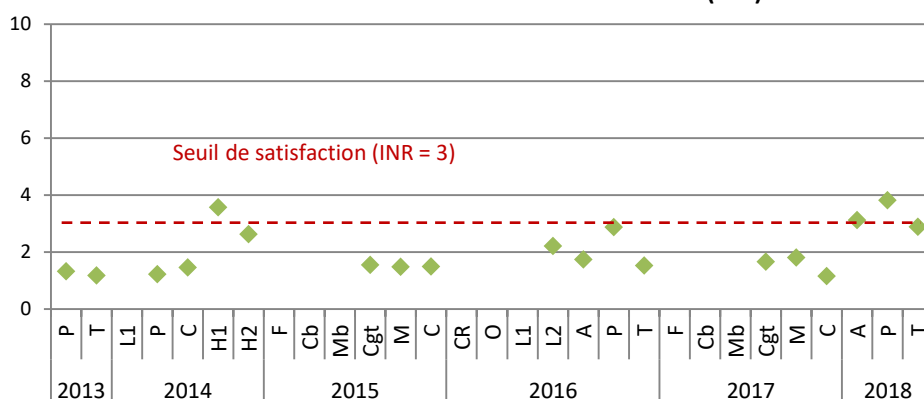
P : Poivron, T : Tomate, A : Aubergine, L : Laitue, H : Haricot vert, C : Concombre, F : Fenouil, CB : Céleri Branche, MB : Mini Blette, Cgt : Courgette, M : Melon, O : Oignon Botte, CR : Chou rave, EV : Engrais Vert

> Maîtrise des bioagresseurs aériens (BAA) et telluriques (BAT)

La maîtrise des bioagresseurs est évaluée par le pilote de l'expérimentation depuis 2014 en fonction des populations, des symptômes et/ou des dégâts observés. Certains bioagresseurs non listés dans le tableau et non anticipés ont parfois pris de grosses proportions sur certaines cultures et ont impacté les rendements (punaises sur aubergine et poivron, *Erwinia carotovora* sur céleri branche, *Colletotrichum coccodes* sur concombre et melon, antrachnose et pégomie sur mini-blette). Les bioagresseurs les **moins bien gérés** sur la période 2014-2017 sont les **aleurodes**, les **acariens**, **Tuta absoluta** et les **pucerons**.

Campagnes Espèces		2013	2014		2015		2016			2017		2018			Satisfaction globale
		P-T	L1	H1/H2-C-P	F-CB-MB	C-Cgt-M	O-CR1-L1	O-L2-L2	T-P-A	CB-MB-F	Cgt-M-C	L1-CR1-O	CR2-L2-O	P-A-T	
Bioagresseurs telluriques	Botrytis		😊	😊	😊	😊	😊	😞	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
	Sclerotinia		😞	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
	Rhizoctonia		😊		😊		😊	😞		😊		😊	😊		😊
	Noctuelles terricoles		😊		😊		😊	😊		😊		😊	😊		😊
Ravageurs aériens	Pucerons		😊	😞	😞	😊	😊	😞	😊	😞	😊	😊	😞	😊	😞
	Noctuelles défoliatrices		😊	😊	😊		😊	😊	😊	😊		😊	😊	😊	😊
	Mollusques		😊		😊		😊	😊		😊		😞	😊		😊
	Aleurodes			😊		😞			😞		😊			😊	😞
	Thrips			😊		😊			😊		😊			😊	😊
	Tuta absoluta								😞					😊	😞
	Acariens			😞		😊			😊		😞			😞	😞
	Maladies aériennes			😊		😊			😊		😊	😊	😞	😊	😊
Mildiou		😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😞	😊	😊	😊	😊	

Evolution des Indices de Nécrose Racinaire (INR)



L'**INR** (Indice de Nécrose Racinaire) est un indicateur global de l'**état sanitaire des racines**. Il prend des valeurs allant de 0 (absence de nécroses) à 10 (100% de la surface racinaire nécrosée). Cet indicateur a été mesuré sur toutes les cultures d'été et de laitues de second tour. Les **INR** restent **stables et faibles** pendant les 5 premières années. Les principaux agents responsables de ces nécroses sont par ordre d'importance décroissante *Pyrenochaeta lycopersici*, *Colletotrichum coccodes* et *rhizoctonia solani* et des *pythiacées*. Au vu de cette situation, la **maîtrise des BAT** est satisfaisante.

Les **adventices** n'ont pas fait l'objet de suivi particulier. La pression en **pourpiers, chardons et liserons** est **montante** mais reste **satisfaisante** pour le pilote de l'expérimentation. Les cultures d'hiver peu poussantes et peu couvrantes telle que l'oignon botte et le chou-rave accentuent la problématique du liseron qui pousse au pied des mottes. Le fait de ne pas travailler le sol entre les deux tours d'hiver engendre aussi un salissement des parcelles par les adventices et les repousses des cultures précédentes.

> Performances agronomiques

Campagnes	2013		2014					2015						2016								
Espèce Variété	P 'Almuden'	T 'Paola'	L1 'Fakto'	H1 'Vesperial'	H2 'Vesperial'	C 'Renoir'	P 'Relys'	F 'Solaris'	CB 'Lino'	MB 'Barèse'	C 'Diapason'	Cgt 'Renoir'	M 'Zodiak'	M 'Artémis'	L1 'Donertie'	CR1 'Lech'	L2 'Zumai'	O 'Rebouillon'	P 'Almuden'	A 'Black Pearl'	T 'Paola'	
Unité	(kg/m²)	(kg/m²)	(p./m²)	(kg/m²)	(kg/m²)	(p./m²)	(kg/m²)	(p./m²)	(p./m²)	(p./m²)	(p./m²)	(kg/m²)	(kg/m²)	(kg/m²)	(p./m²)	(p./m²)	(p./m²)	(kg/m²)	(kg/m²)	(kg/m²)	(kg/m²)	
Rendement brut	6.3	17.9	12.4	2.5	1.5	67.4	5.7	12.2	12.4	12.5	53.0	6.5	2.8		10.6	10.8	10.8	7.8	7.4	7.3	7.6	
Rendement commercialisable	4.7	14.9	12.2	2.5	1.3	66.1	4.6	10.9	12.4	10.9	50.0	6.3	2.7		9.9	8.3	9.2	4.5	5.4	6.4	6.1	
% déchets	26%	17%	1%	0%	14%	2%	18%	11%	0%	13%	6%	3%	4%		7%	23%	15%	42%	28%	14%	21%	

Campagnes	2017							2018							Satisfaction globale
Espèce Variété	F 'Solaris'	CB 'Tango'	MB 'Barèse'	C 'Diapason'	Cgt 'Kopana'	M 'Godiva'	L1 'Dia 8964'	CR2 'Lech'	CR1 'Lech'	L2 'Barlach'	O 'Premier'	P 'Almuden'	A 'Black Pearl'	T 'Paola'	
Unité	(p./m²)	(p./m²)	(p./m²)	(p./m²)	(kg/m²)	(kg/m²)	(p./m²)	(p./m²)	(p./m²)	(p./m²)	(kg/m²)	(kg/m²)	(kg/m²)	(kg/m²)	
Rendement brut	12.4	12.5	12.7	40.8	6.8	2.8	9.4	11.5	9.3	10.3	4.0	7.1	15.3	14.9	
Rendement commercialisable	6.5	8.4	12.6	38.1	6.6	2.2	6.3	10.7	8.0	7.5	3.4	3.2	13.6	9.9	😊
% déchets	47%	33%	1%	7%	3%	20%	16%	3%	7%	21%	16%	55%	11%	34%	

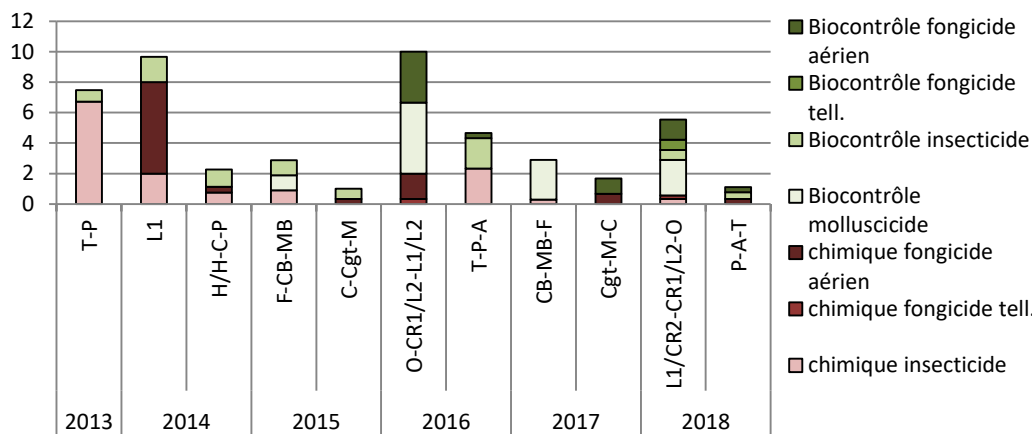
En l'absence de référentiels adaptés aux systèmes et espèces étudiés pour 4SYSLEG, nous appuyons notre évaluation des performances agronomiques sur des ateliers multi-acteurs bisannuels et les données issues de fiches techniques régionales. Les **choix variétaux correspondent aux attentes du marché**.

Dans l'ensemble, les **rendements bruts** sont **satisfaisants**. Les **taux de déchets**, triés avec un tolérance plus grande que pour les systèmes en circuit long, sont **satisfaisants pour les cultures d'été** (12% en moyenne) mais le sont **moins pour les cultures d'hiver** (21% en moyenne). Ces déchets sont principalement d'origine **abiotique**. Pour garantir le rendement commercialisable, les **tomates** ont été **lavées** en 2016 (miellat et la fumagine) et les **céleris branches** ont été **nettoyés** à grande eau en 2017 afin d'enlever les pucerons.

Globalement les **rendements commercialisables** sont **moyennement satisfaisants**. En **été**, la production est **régulière et continue** mais parfois **trop courte** : l'état sanitaire des parcelles nous oblige à arracher précocement les cultures de concombre et de tomate. L'**hétérogénéité des cultures d'hiver** (hors laitue) permet **d'étaler les récoltes sur 1 à 9 semaines** selon le produit pour une seule date de plantation avec des **volumes assez réguliers**.

> Performances environnementales

IFT chimique et biocontrôle par famille de produit et par culture (hors traitement pépinière)

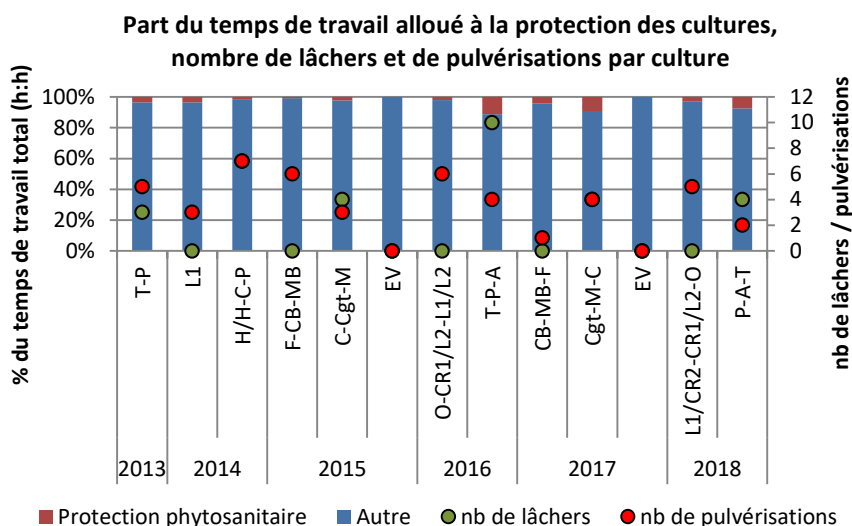


Les IFT par culture varient de **1 à 10** et pour **moitié de type chimique**. Les valeurs les plus fortes sont concentrées en début de projet et pour l'association de l'hiver 2016 qui comporte 2 tours, l'IFT par tour est en réalité réduit de moitié. Au regard de ces éclairages, les **performances environnementales** sont donc **très satisfaisantes**. Une **grande diversité de substances actives** est utilisée dans ce système.

Ce sont les **insecticides** qui composent la majeure partie de l'IFT avec une intensité d'usage en baisse au cours du projet (*Bacillus thuringiensis* et produits de synthèse appliqués en **curatif** contre différentes cibles) suivis par les **fongicides** (soufre et bicarbonate de potassium et quelques produits de synthèse appliqués en **curatif en été** contre oïdium et mildiou et des SDP et des produits de synthèse appliqués en **préventif sur laitue**) et enfin par les **molluscicides** (phosphate ferrique appliqué **en préventif et en curatif** sur les cultures d'hiver).

Les faibles valeurs d'IFT s'expliquent d'une part par une **tolérance aux ravageurs** laissant un délai nécessaire à l'établissement des équilibres biologiques indigènes, d'autre part par la **localisation des traitements** sur les espèces et les zones infestées et enfin par le recours à l'ensemble des **méthodes alternatives** employées (résistances, rotation, association culturale, lutte biologique par conservation et inondation, plantes de services,...). Un nombre non négligeable de **savons noirs** ont été pulvérisés pour nettoyer le miellat et la fumagine sur les plantes avec des effets délétères sur différents ravageurs. Il ne sont pas comptabilisés dans les IFT car ils n'étaient à l'époque pas soumis à homologation.

> Performances socio-économiques



1 lâcher = introduction d'1 espèce de macroorganisme à 1 date donnée (les lâchers en pépinière sont inclus, hors pollinisation). 1 pulvérisation = 1 passage de bouillie (plusieurs produits possible simultanément, micro-organismes et savon inclus, hors épandage manuel et traitements en pépinière)

Les **auxiliaires** sont exclusivement utilisés sur les cultures d'été. Le **nombre de lâchers par saison** est **faible** hormis pour l'été 2016 où la pression en aleurodes et *Tuta absoluta* nous a poussé à introduire des *Encarsia*, *Eretmocerus* et trichogrammes à plusieurs reprises.

Le **nombre de pulvérisations** par saison varie de 1 à 6 en hiver et de 3 à 7 en été, ces valeurs assez **élevées** et **peu satisfaisantes** s'expliquent par la **localisation des traitements**, la **démultiplication des bouillies** induites par le **respect des homologations en association culturale** et enfin par le **type de produits utilisés** à efficacité partielle nécessitant alors plusieurs passages.

Quelle que soit l'espèce, la **protection biologique intégrée** occupe une très **faible part du temps de travail total** affectée à la parcelle. **Ces résultats sont satisfaisants** car ils montrent que les leviers mobilisés impactent peu les temps de travaux. Par contre les **temps de travaux par saison** sont **insatisfaisants** car à l'inverse de nos objectifs, il sont bien souvent **supérieurs** à ceux obtenus **dans les systèmes en circuit long**. 3 raisons peuvent expliquer ces résultats : les **cultures de diversification** telles que le haricot et la courgette sont très **consommatrices de main d'œuvre** notamment pour la récolte, les modalités de **conduite** des cultures n'ont **pas été suffisamment simplifiées** (notamment le palissage et la taille des cultures d'été).

Zoom sur l'association culturale en agriculture conventionnelle



L'association culturale requiert des adaptations techniques sur la majorité des opérations culturales et malgré ces adaptations, il est parfois impossible de couvrir les besoins (hydriques, minéraux, sanitaires) théoriques de référence de chaque espèce.

L'association culturale impose certains compromis, elle peut être incompatible avec d'autres pratiques et mener à des impasses techniques. Le risque de dérive lié à la proximité des espèces associées restreint la gamme des produits phytosanitaires utilisables à ceux homologués sur toutes les cultures associées. Les différentes associations testées nous ont appris que le type d'agencement spatial et la synchronisation ou non des plantations déterminent à la fois la gamme des choix techniques possibles et la nécessité de modifier certaines composantes du système technique. Cette pratique reste toutefois faisable et donne des performances assez satisfaisantes en terme de productivité et de gestion des bioagresseurs.

Pistes d'améliorations du système et perspectives



L'agencement des espèces associées par planches en hiver et par rangs en été s'est révélé le plus pratique, car il permet d'individualiser la fertilisation, l'irrigation et certains traitements phytosanitaires pour chaque espèce. En fixant cet agencement sur la durée, chaque planche peut suivre son propre schéma de rotation. L'utilisation d'un motoculteur ou d'un microtracteur attelé à un outil peu large peut permettre de travailler chaque planche séparément et ainsi d'enchaîner rapidement les cultures sans attendre que les autres espèces soient arrachées. Cela ouvre des possibilités pour le choix des espèces associées qui peuvent alors avoir des besoins, des durées et des créneaux de cultures très différents.

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

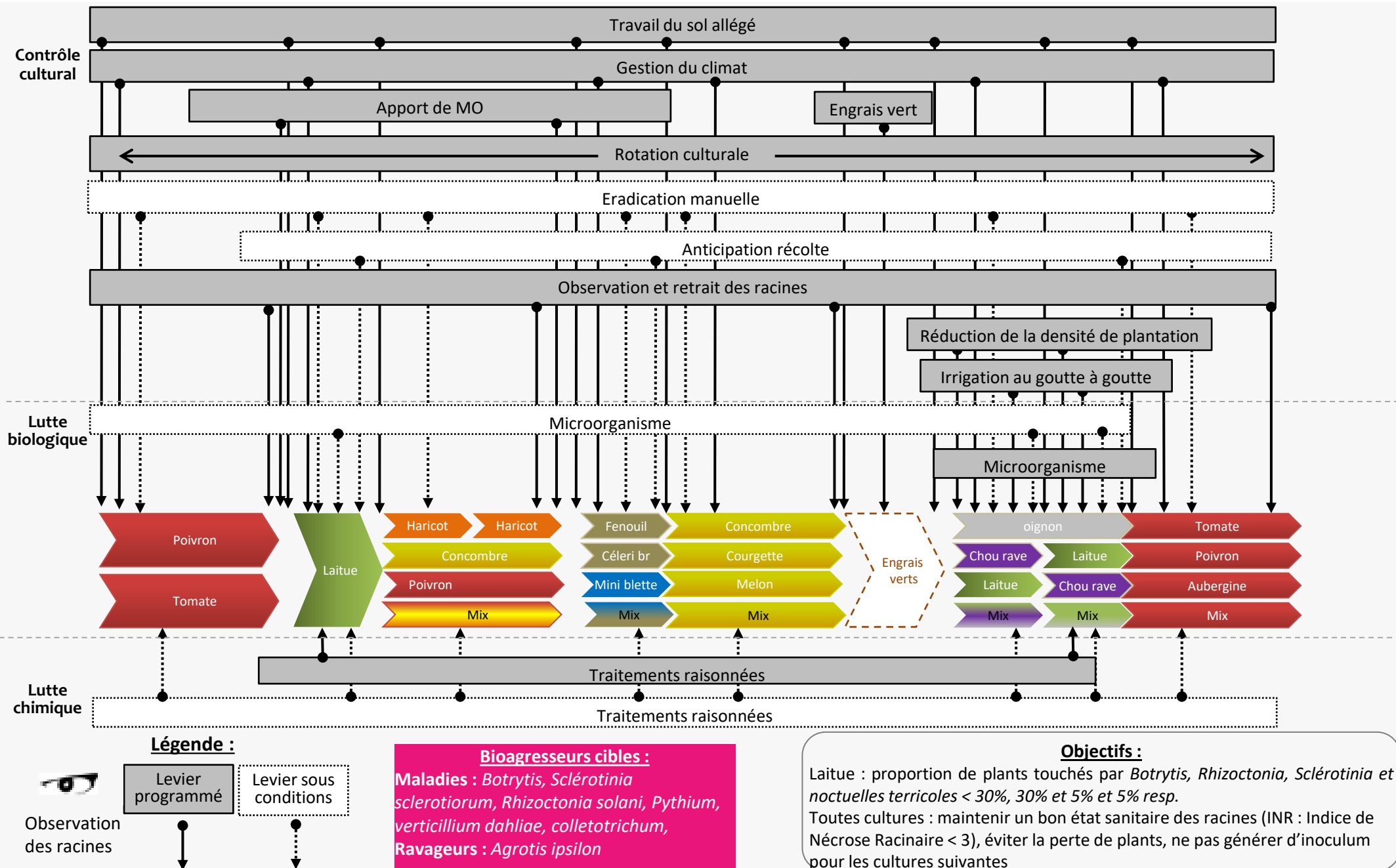
Action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture et le ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence française pour la biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto.



Document réalisé par
Benjamin Perrin,
INRA Alénya-Roussillon



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 bioagresseurs telluriques.

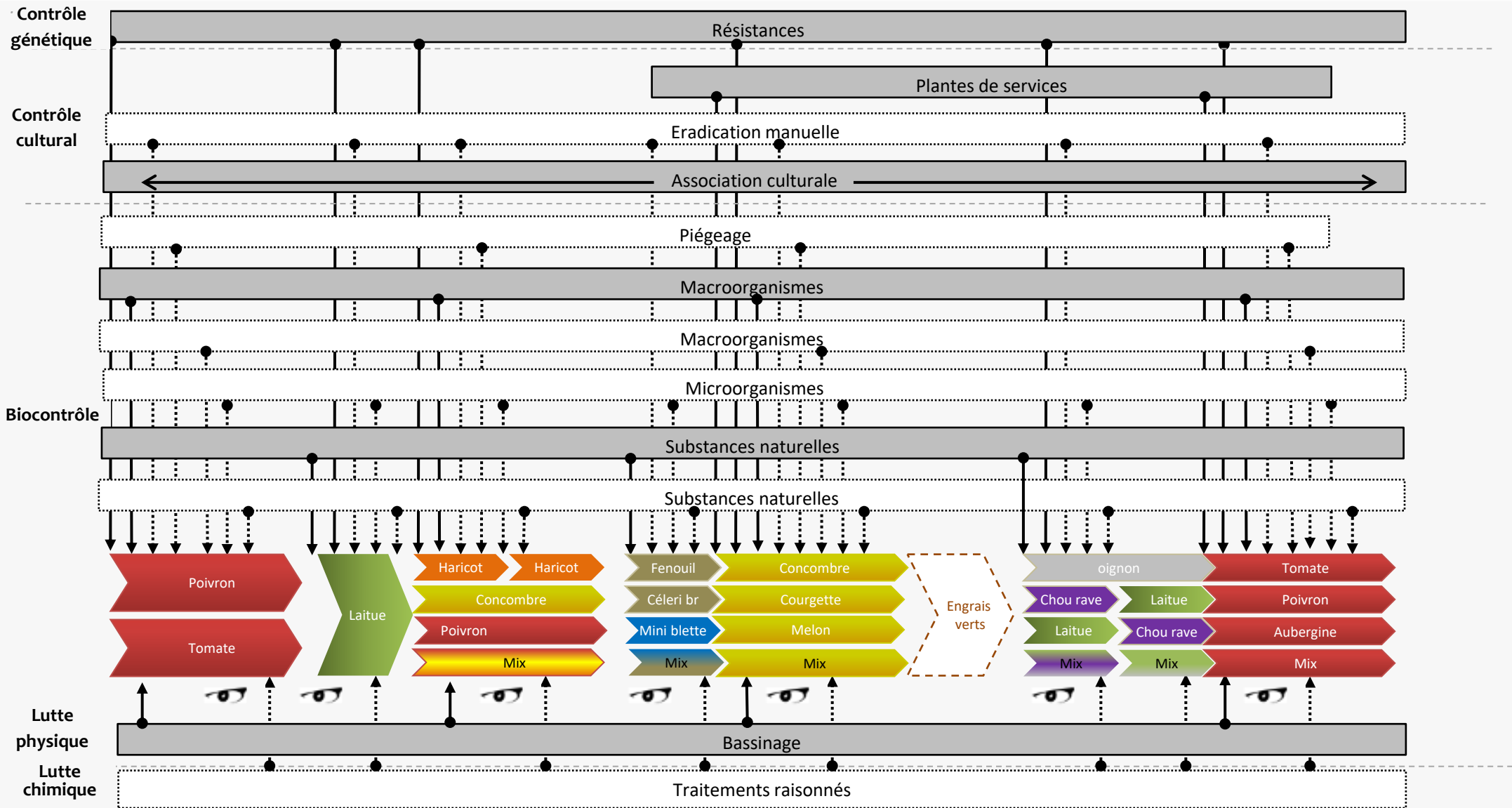


Travail du sol allégé	- Le travail du sol se fait uniquement avec des outils non animés (canadien, vibroculteur). - Les 2nd tours de culture d'hiver sont implantés sans travailler le sol directement sur le paillage du tour précédent en perçant de nouveaux trous manuellement.	Un outil manuel a été conçu pour faciliter le perçage des trous dans le paillage et ameublir le sol avant d'y mettre les mottes.
Gestion du climat	- Consignes hiver : faitage : ouvert si T> 0°C fermé si pluie - portes : fermées jusqu'à reprise puis ouvertes si beau temps sans vent - ouvrants latéraux : fermés jusqu'à reprise puis ouverts si beau temps sans vent . Arrosage en début ou milieu de journée. - Consignes été : installation de portes grillagées et retrait des demi lunes en juin-juillet.	
Engrais Vert	Un engrais vert diversifié (sorgho-sarrasin-pois fourrager) est semé à 8-15-200kg/ha resp. après arrachage de l'association de cucurbitacées pour éviter de laisser le sol nu, pour homogénéiser le sol, améliorer ces propriétés physiques (effet structurant), chimiques (apport de MO fraîche, fixation symbiotique) et biologiques (rupture du cycles des bioagresseurs telluriques, stimulation des organismes bénéfiques du sol).	Le mélange testé est rapidement couvrant et donc assez concurrentiel. Le sarrasin fleurit rapidement (≈ 45 jours) et les graines sont rapidement viables, il faut donc être vigilant pour faire le broyage au bon moment.
Rotation culturale	Apport annuel de 15 à 30 t/ha de compost de déchets verts à l'automne pour maintenir le stock de MO et stimuler l'activité biologique du sol.	Tous les apports prévus n'ont pas été réalisés car les analyses de sols ont montré que le Mg s'accumulait suite à des apports si fréquents.
Apport de MO	Rotation longue (6 ans) de cultures non ou mauvais-hôte des principaux bioagresseurs telluriques des cultures maraichères et d'espèces mycorhizotrophes (oignon).	Les cultures de diversification d'hiver sont moins sensibles aux bioagresseurs telluriques que la laitue. Nous avons toutefois observé des symptômes de <i>Sclerotinia</i> sur fenouil, de pythiacées sur mini-blette.
Observation et retrait des racines	- Retrait des plants morts de <i>sclerotinia</i>, retrait des larves de noctuelles terricoles et remplacement des plants de laitue détruits par celles-ci les 7 premiers jours. - Evacuation des déchets de culture d'hiver et d'été. - Observation et retrait des racines systématique sur les cultures d'été.	Le remplacement des plants morts en début de culture permet de limiter l'impact des attaques précoces de noctuelles terricoles. Pour les plants touchés par le <i>sclerotinia</i> cela permet d'éliminer une partie des formes de conservation du champignon (scléroties) et ainsi de réduire le risque de propagation de la maladie à court et moyen terme.
Réduction de la densité de plantation	La densité de plantation des cultures d'hiver est progressivement passée de 14 à 12 plants/m² en laissant des allées au sein des planches des cultures d'hiver.	Les allées rendent l'observation, l'éradication manuelle et les récoltes en plusieurs fois plus aisées, moins destructives. Améliore la circulation de l'air .
Irrigation au goutte à goutte	Les cultures d'hiver sont progressivement passées d'une irrigation à l'aspersion au goutte à goutte afin d'éviter de mouiller le feuillage et limiter les risques de maladies.	Ce levier ne semble pas adapté à la culture de salade. Les autres cultures d'hiver semblent mieux se comporter avec le goutte à goutte.
Anticipation récolte	Avancement des récoltes de cultures d'hiver en cas de forte pression si le poids commercial minimal est atteint et que les DAR (Délai Avant Récolte) sont respectés.	C'est en fin de culture, lorsque les plantes voisines se touchent, que les dégâts de <i>botrytis</i> et <i>sclerotinia</i> explosent. L'avancement de la récolte de quelques jours peut améliorer grandement l'état sanitaire des produits.
Microorganismes	- Applications d'un <i>Bacillus subtilis</i> (stimulateur de défense des plantes contre <i>botrytis</i> et <i>sclerotinia</i>) sur laitues du second tour à 14j après plantation. - Application de <i>Coniothyrium minitans</i> (champignon antagoniste) en cas de pression <i>sclerotinia</i> sur laitue. Le produit est appliqué juste avant l'enfouissement des résidus de culture ou avant le travail du sol de la culture sensible suivante.	Une légère efficacité de <i>Bacillus subtilis</i> a été observée en cas de grosses attaques de <i>Sclerotinia</i> sur laitues dans un test mené dans d'autres tunnels.
Traitements raisonnés	- En hiver : pas de traitement contre <i>botrytis</i> et <i>sclerotinia</i> sur le 1^{er} tour de laitue (moins risqué) sauf si pression, 1 fongicide à 28 j après plantation sur le 2nd tour. - En été, application de produits de synthèse uniquement en cas de forte pression si les produits de biocontrôle ne suffisent pas.	
Traitements raisonnés	- Observation systématique des racines en fin de culture. - Observation hebdomadaire des symptômes aériens (<i>Verticillium</i>, <i>Botrytis</i>, <i>Sclerotinia</i>) et des retards de croissance en cours de culture.	L'observation des racines et des symptômes permet de suivre l'évolution des problèmes telluriques et de détecter l'apparition de nouveaux bioagresseurs. Ces informations sont utiles aux choix des espèces de diversification, du greffage et servent à actionner les leviers d'éradication, anticipation des récoltes et application de microorganismes.

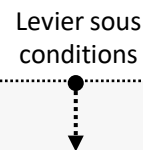
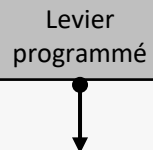
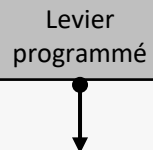




Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des ravageurs aériens.



Légende :



Ravageurs cibles :

Laitues : Pucerons, Noctuelles défoliatrices, Mollusques
Cultures d'été : Aleurodes, Acariens, Pucerons, Thrips, Noctuelles défoliatrices, *Tuta absoluta*

Objectifs :

Maitriser les niveaux de population afin d'éviter les dommages et les pertes
Laitue : proportion de plants touchés par les pucerons, noctuelles, mollusques < 5%, 10% et 10% resp.



Leviers

Principes d'action

Enseignements

Résistance

Laitues résistantes à *Nasonovia ribisnigri* (Nr0) / Melon résistants à *Aphis gossypi* (Ag).
Toutes cultures d'étés : choix de variétés résistantes aux virus.

Plantes de service

Des soucis (*Calendula officinalis* : 10 plants/100m²) sont plantés sur les bordures intérieures du tunnel afin de maintenir la population de *Macrolophus* sous l'abri.
Pour les cultures d'été sensibles aux pucerons des plants d'*Eleusine coracana* et de *Gomphocarpus* sp. (1 plant/100m²) sont plantés dans les rangs de culture dans le but d'attirer des pucerons (*R. padi* et *A. nerii*) servant de proies alternatives aux auxiliaires. Pour ces mêmes cultures, des plants d'*Alyssum maritimum*, attractives pour les syrphes (6 mottes/100m²) sont plantés dans les rangs de culture.

Un essai mené en 2016 dans d'autres tunnels a montré que l'installation de soucis dans un tunnel de tomate est très efficace pour maintenir les *Macrolophus* pendant l'hiver et contribue ainsi à la gestion des aleurodes l'été suivant. La plantation de soucis sur une toile tissée sur les bords intérieurs du tunnel est rapide et peu contraignante. L'effet de l'*Eleusine* et des *Alyssons* est plus délicat à évaluer toutefois depuis leur utilisation, aucun auxiliaire et traitement n'a été réalisé contre puceron.

Eradication manuelle

Les premiers foyers localisés de ravageurs sans auxiliaires sont éradiqués par retrait des d'organismes, des organes touchés ou des plantes entières. En hiver les plants détruits par les mollusques durant les 7 premiers jours suivant la plantation sont remplacés par de nouveaux plants.

En été, permet de retarder l'établissement des ravageurs en attendant l'installation des auxiliaires. Lorsque les foyers d'aleurodes sont localisés, les têtes sont secouées devant un panneau jaune afin de piéger les adultes. En hiver la détection des ravageurs est plus délicate et souvent trop tardive.

Association culturale

D'après la bibliographie scientifique, les associations culturales sont susceptibles d'améliorer la gestion des ravageurs via différents mécanismes : la perturbation visuelle, olfactive et chimique des ravageurs, l'effet « dilution » des plantes hôtes, la limitation de la propagation d'un bioagresseur par effet « barrière », l'apport de ressources complémentaires (nectar, pollen, refuge, proies alternatives) et la modification du microclimat.

Il est extrêmement délicat de tirer des conclusions génériques quand à l'effet des associations culturales pratiquées sur la régulation des ravageurs. Les résultats varient énormément selon les espèces voire les variétés associées, le ravageur considéré, la saison, l'année et le tunnel. D'un point de vue pratique ce levier complexifie l'itinéraire technique et oblige à simplifier les conduites et à faire des compromis quant aux choix techniques.

Piégeage

En été des panneaux jaunes et bleus englués sont installés en cas de pression aleurodes et thrips respectivement. Des panneaux supplémentaires sont ajoutés et/ou renouvelés en cas de forte pression et retirés si trop d'auxiliaires sont piégés.

Macroorganismes

Macroorganismes

Lâchers de macroorganismes prédateurs le plus tôt possible sur les cultures d'été uniquement contre les ravageurs les plus à risque (en pépinière si possible), des nourrissages sont effectués en l'absence de proie et de ressources. Des lâchers complémentaires de prédateurs et/ou de parasitoïdes sont possibles en culture d'été.

Les lâchers précoces associés aux nourrissages permettent d'installer les auxiliaires avant l'arrivée des ravageurs. Cette technique requiert toutefois des précautions en pépinière (T°C, pas d'aspersion ni de traitements incompatibles).

Microorganismes

Si les auxiliaires sont insuffisants et que les conditions climatiques sont compatibles, des microorganismes peuvent être appliqués. Les microorganismes utilisés sont principalement des Bt appliqués lorsque de jeunes chenilles ou des tuta sont observées et du *Lecanicillium muscarium* contre les larves d'aleurodes.

L'efficacité de ces produits est partielle et varie fortement avec les conditions climatiques et le stade des organismes cibles. Les applications doivent donc être positionnées dans les meilleures conditions et parfois répétées (Ex Bt appliqué par série de 2 au 3 à 7 jours d'intervalle).

Substances naturelles

Substances naturelles

En hiver du phosphate ferrique est appliqué à la plantation sur ou sous le paillage pour gérer les mollusques, des réapports en culture sont possibles avant que les laitues pommont si la pression observée le justifie. En été des apports de phosphate ferrique sont effectués uniquement en cas de pression observée.

Le phosphate ferrique est moins efficace sur les escargots qui ont la capacité de détoxifier le produit.

Bassinage

Des aspersions sont réalisées sur les cultures d'été en milieu de journée dès la plantation par temps sec (soleil + tramontane) sauf si du mildiou est détecté. L'objectif est d'augmenter l'hygrométrie pour favoriser les acariens prédateurs et retarder le développement des acariens tétranyques.

Ce levier semble efficace mais il est très risqué car l'augmentation de l'hygrométrie peut aussi favoriser des maladies notamment de mildiou et *colletotrichum coccodes* sur concombre ce qui a été le cas, malgré les précautions prises.

Traitements raisonnés

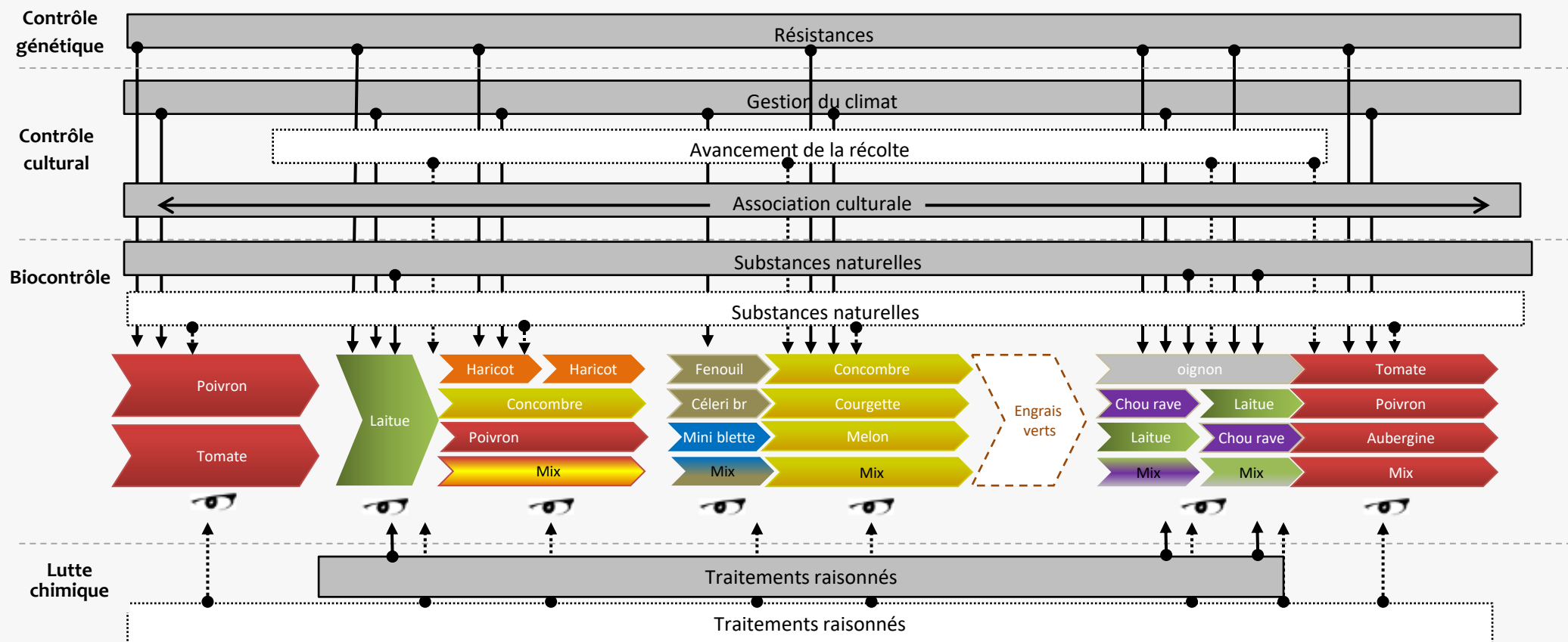
La stratégie de lutte contre les ravageurs aériens s'appuie d'abord sur l'éradication puis sur les auxiliaires (sauf en hiver) puis sur les microorganismes et les substances naturelles et enfin, en dernier recours sur des produits de synthèse compatibles avec la lutte biologique.



Suivi hebdomadaire des symptômes, des dégâts et des pressions des ravageurs et auxiliaires et localisation des foyers. Identification des espèces de ravageurs pour activer certains leviers spécifiques (ex : lâcher de parasitoïdes).



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 aériennes.



Légende :

Levier programmé

Levier sous conditions



Suivi hebdomadaire des pressions

Maladies cibles :

Laitues : *Bremia*

Cultures d'été : *Oïdium*, *Mildiou*

Objectifs :

Laitues : proportion de plants touchés par mildiou < 5%

Autres cultures : pas de répercussion de l'*Oïdium* et du *Mildiou* sur le rendement



Leviers

Principes d'action

Enseignements

Résistances

Laitues résistantes à toutes les souches de *Brémia* connues (Bl:16-33).
En été choix de variétés de cucurbitacées tolérantes à l'*Oïdium*.

Aucun symptôme de *Brémia* n'a été observé sur laitue.
Les tolérances à l'oïdium sont très partielles en été et ne suffisent pas à gérer le problème.

Gestion du climat

• Consignes hiver : **faitage** : ouvert si T> 0°C fermé si pluie - **portes** : fermées jusqu'à reprise puis ouvertes si beau temps sans vent - **ouvrants latéraux** : fermés jusqu'à reprise puis ouverts si beau temps sans vent Arrosage en début ou milieu de journée.
• Consignes été : installation de portes grillagées et retrait des demi lunes en juin-juillet.

Si la météo est souvent responsable du développement de maladies aériennes, la gestion du climat est sans doute le levier le plus important en AB pour gérer ces bioagresseurs en particulier le mildiou.
En été un bassinage mal positionné par rapport à la météo peut avoir de lourdes conséquences sur la culture.

Avancement de la récolte

Avancement des récoltes des cultures d'hiver en cas de forte pression si le poids commerciale minimal est atteint et que les DAR (Délai Avant Récolte) sont respectés.

Association culturale

Association d'espèces et de variétés ayant des sensibilités ou des statuts d'hôtes différents aux maladies aériennes, modification du microclimat.

Substances naturelles

• En hiver sur laitue, une application de Laminarine à 14 jours après plantation (stimulateur de défense des plantes contre mildiou).
• En été, en cas d'attaque légère d'*Oïdium*, application de soufre mouillable ou de bicarbonate de potassium tous les 7 jours tant que de nouveaux symptômes apparaissent.

L'alternance répétée de ces deux produits permet de contenir l'oïdium en culture d'été.

Substances naturelles

Traitements raisonnés

• Sur laitue, 1 traitement de synthèse contre *Mildiou* positionné à 28j après plantation.
• En été, application de produits de synthèse uniquement en cas de forte pression si les produits de biocontrôle ne suffisent pas.

• Suivi hebdomadaire des pressions des maladies aériennes, et localisation des foyers.

