



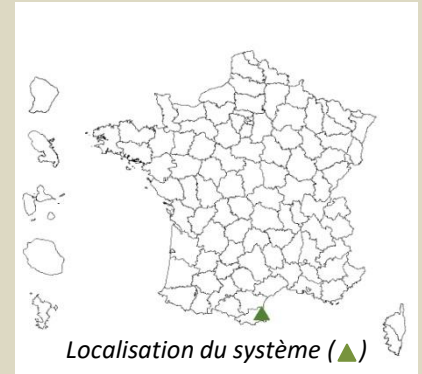
Projet : 4SYSLEG - Conception et évaluation multicritère de 4 SYStèmes de production intégrée de cultures LEGumières sous abri non chauffé, adaptés à différents contextes technico-économiques

Site : INRA Alénya

Localisation : Mas Blanc 66200 ALENYA
(42.638608, 2.967014)

Système DEPHY : DivAB

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



Localisation du système (▲)

DivAB : système en vente directe en Agriculture biologique

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 : Agriculture Biologique

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 (fiches techniques AB), 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) = 1,53%

Sol non caillouteux. Risque de battance.

Origine du système

Le **système DivAB** vise la production d'une **grande diversité** de légumes **ultra-frais** dans le respect du cahier des charges **AB** destinés à la **vente directe**. L'approvisionnement d'un stand de vente directe demande de produire **en continu des volumes modérés mais constants d'une gamme** en privilégiant la **qualité gustative**. Afin de libérer du temps à l'exploitant pour la commercialisation, ce système doit contribuer à **l'optimisation du temps consacré à la production** ce qui passe entre autre par 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 ans) sont combinées à **l'association culturale** (de 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 réfléchiée 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

Efficiences ☆☆☆☆☆
Substitution ★★☆☆☆
Reconception ★★★★★

Mots clés

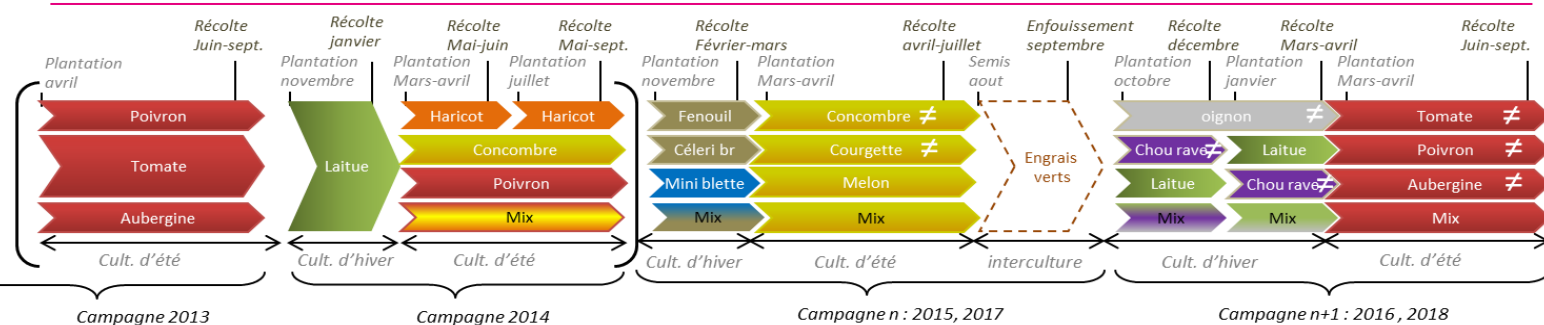
Maraichage sous abris - Circuit court - Agriculture Biologique - Bioagresseurs aériens et telluriques



Le mot du pilote de l'expérimentation

« Le défi technique de ce système vise à ne pas à intervenir en cours de culture pour gérer les bioagresseurs. Ainsi, les stratégies de protection misent avant tout sur la régulation par les ennemis naturels indigènes. 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. Ce défi ambitieux n'est qu'en parti relevé car face à des entrées massives et précoces de certains ravageurs (aleurodes et acariens notamment), des introductions d'auxiliaires et des traitements AB ont été effectués ponctuellement pour préserver la production. » *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 cultures d'hiver à cycle long suivie d'une association de cultures d'été à cycle court, alors que l'année suivante c'est l'inverse. 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. 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.

Objectifs du système

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

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

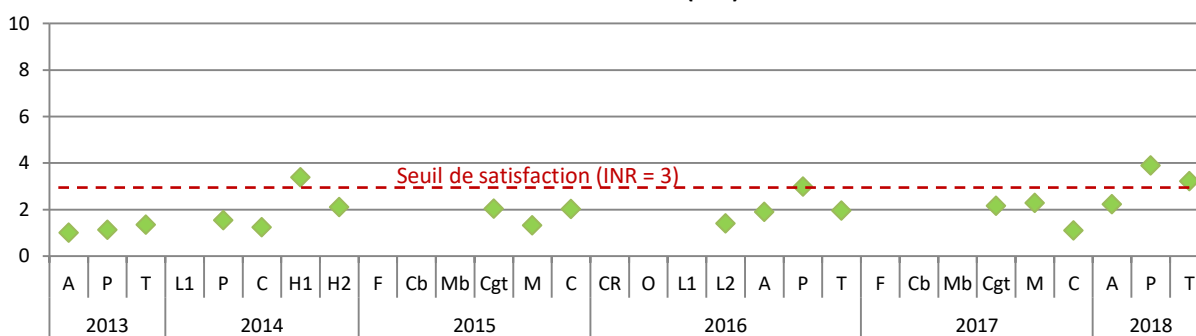
> Maîtrise des bioagresseurs aériens (BAA) et telluriques (BAT)

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. Les bioagresseurs les **moins bien contrôlés** sur la période 2014-2018 sont le **sclérotinia**, les **aleurodes**, les **acariens** et les **pucerons**. Les deux derniers étés, la plantation plus précoce des cultures combinée à l'utilisation de plantes de services a permis de mieux gérer les aleurodes.

Campagne	Espèces	2013	2014		2015		2016			2017		2018		Satisfaction globale
		P-T-A	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/CR2-CR1/L2-O	P-A-T	
Bioagresseurs telluriques	Botrytis	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
	Sclérotinia	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
	Rhizoctonia	😊	☐	😊	😊	☐	😊	😊	😊	😊	☐	😊	😊	😊
	Noctuelles terrioles	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Ravageurs aériens	Pucerons	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
	Noctuelles défoliatrices	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
	Mollusques	😊	☐	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
	Aleurodes	☐	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
	Thrips	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
	Tuta absoluta	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
	Acariens	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Maladies aériennes	Oïdium	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
	Mildiou	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊

Certains bioagresseurs non listés dans le tableau et non anticipés ont parfois eu une incidence non négligeable sur certaines cultures et donc, ont impacté les rendements (punaises sur aubergine et poivron, *Erwinia carotovora* sur céleri branche, *Colletotrichum coccodes* sur concombre et melon, antrachnose et pégomyie sur mini-blette,...).

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 6 premières années mais le seuil de satisfaction a été dépassé pour le 1^{er} haricot de 2014, le poivron et la tomate de 2018. Les principaux agents responsables de ces nécroses sont par ordre d'importance décroissante *Pyrenochaeta lycopersici*, *Colletotrichum coccodes* et *Rhizoctonia solani* et des *pythiacées*. La pression sclérotinia a été particulièrement forte sur le 2nd tour de laitue de la campagne 2016 (53 % de plants touchés) ce qui a provoqué 27% de mortalité malgré une récolte anticipée.

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 telles que l'oignon botte et le chou-rave accentuent la problématique du liseron qui pousse au pied des mottes.

> Performances agronomiques

Campagnes	2013			2014					2015					
	P	T	A	L1	H1	H2	C	P	F	CB	MB	C	Cgt	M
	'Almuden'	'Paola'	'Black Pearl'	'Fakto'	'Vesperial'	'Vesperial'	'Renoir'	'Relys'	'Solaris'	'Lino'	'Barèse'	'Diapason'	'Zodiak'	'Artémis'
Espèce														
Variété		'Cauralina'										'Renoir'	'Galillée'	
unité	(kg/m ²)	(kg/m ²)	(kg/m ²)	(p./m ²)	(kg/m ²)	(kg/m ²)	(p./m ²)	(kg/m ²)	(p./m ²)	(p./m ²)	(p./m ²)	(p./m ²)	(kg/m ²)	(kg/m ²)
Rendement brut	6.2	17.9	10.1	11.5	2.1	1.0	69.8	5.0	11.2	12.7	12.2	38.4	7.5	2.4
Rendement commercialisable	4.1	13.5	9.2	11.3	2.1	1.0	69.2	4.1	11.1	11.9	11.6	37.0	7.4	2.2
% déchets	33%	25%	8%	1%	0%	0%	1%	18%	9%	6%	5%	4%	2%	8%

Campagnes	2016							2017					
	O	CR1	L1	L2	T	P	A	F	CB	MB	C	Cgt	M
	'Rebouillon'	'Lech'	'Donertie'	'Zumaï'	'Paola'	'Almuden'	'Black Pearl'	'Solaris'	'Tango'	'Barèse'	'Diapason'	'Kopana'	'Godiva'
Espèce													
Variété				'Ostralie'	'Rose de B.'	'Xanthi'	'Angella'				'Caman'	'Galillée'	
unité	(kg/m ²)	(p./m ²)	(p./m ²)	(p./m ²)	(kg/m ²)	(kg/m ²)	(kg/m ²)	(p./m ²)	(p./m ²)	(p./m ²)	(p./m ²)	(kg/m ²)	(kg/m ²)
Rendement brut	7.9	10.7	10.4	9.3	8.2	6.0	8.0	13.8	12.1	13.4	31.3	7.4	2.7
Rendement commercialisable	5.4	7.6	7.8	5.8	7.0	4.2	7.5	8.3	8.6	13.1	29.4	7.3	2.2
% déchets	31%	29%	25%	43%	15%	29%	7%	40%	29%	2%	7%	2%	19%

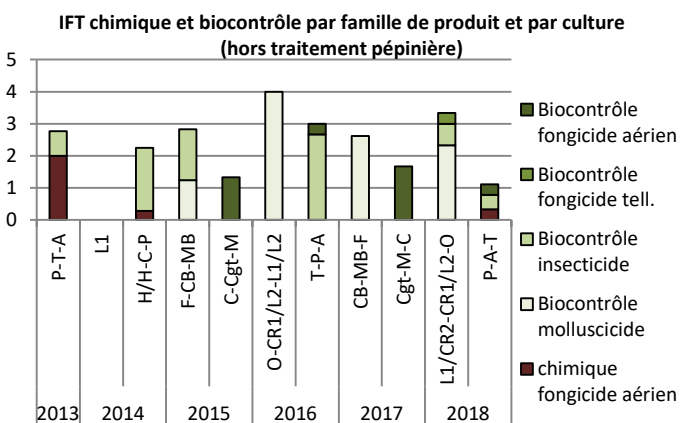
Campagnes	2018								Satisfaction globale
	O	CR2	CR1	L1	L2	T	P	A	
	'Premier'	'Lech'	'Lech'	'Dia 8964'	'Barlach'	'Paola'	'Almuden'	'Black Pearl'	
Espèce									
Variété	'R. l. di Firenze'	'Kolibri'	'Kolibri'			'Rose de B.'	'Oranos'	'Angella'	
unité	(kg/m ²)	(p./m ²)	(p./m ²)	(p./m ²)	(p./m ²)	(kg/m ²)	(kg/m ²)	(kg/m ²)	
Rendement brut	3.8	10.7	9.7	9.4	8.7	14.9	6.2	14.4	😊
Rendement commercialisable	3.3	9.6	7.6	5.7	1.6	8.1	3.0	13.0	😐
% déchets	15%	11%	21%	39%	82%	46%	52%	10%	😐

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** et le **cahier des charges AB a été respecté**.

Dans l'ensemble, les **rendements bruts** sont **satisfaisants**. Les **taux de déchets** sont **moyennement satisfaisants** : 15 % en moyenne pour les cultures d'été, le poivron (calibre, coup de soleil, nécrose apicale) et la tomate (fente, blotchy, nécrose apicale) sont les espèces les plus impactées, des différences de sensibilité importantes ont été observées entre variétés. Les **cultures d'hiver** sont **moins performantes** sur ce point : 25% des produits ont été écartés principalement parce qu'ils étaient trop petits. Les seuils de calibre étaient peut-être trop sévères par rapport à ce qui se pratique en vente directe. Les déchets sont principalement écartés pour des raisons abiotiques.

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 contraint à arracher précocement les cultures de concombre de 2015 et 2017 et de tomate de 2016. **L'hétérogénéité des cultures d'hiver** (hors laitue) permet **d'étaler les récoltes sur 1 à 10 semaines** selon le produit pour une même date de plantation avec des **volumes assez réguliers**.

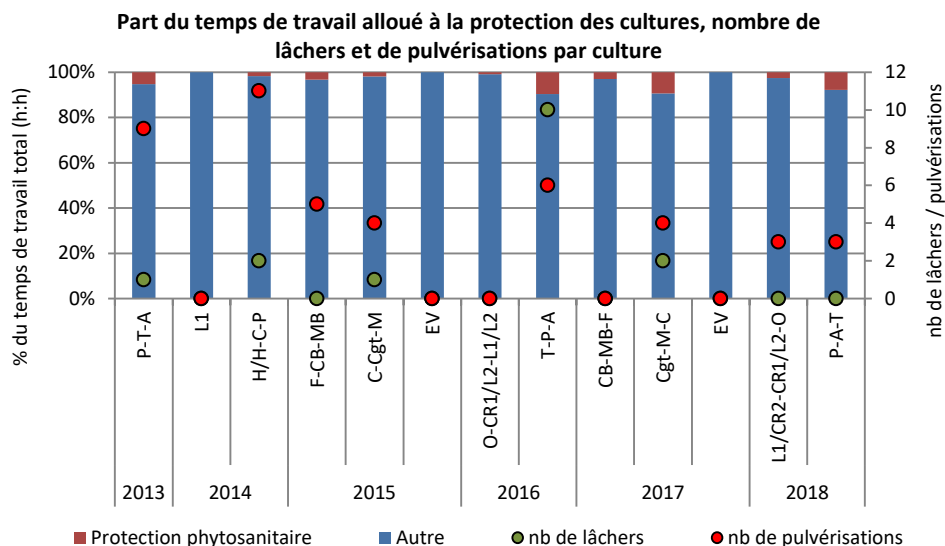
> Performances environnementales



Les IFT sont **faibles** et **quasi exclusivement** de type **biocontrôle**. Les **performances environnementales** sont donc **très satisfaisantes**. Peu de substances actives ont été utilisées. Ainsi du **phosphate ferrique** est appliqué en préventif sur les cultures d'hiver pour gérer les mollusques complété par des applications curatives si besoin. Du **Bacillus thuringiensis** est appliqué en curatif contre les noctuelles défoliatrices et *Tuta absoluta*. Du **soufre** et du **bicarbonate de potassium** sont appliqués en curatif pour gérer l'oïdium. En hiver la lutte contre les **mollusques** génère la quasi-totalité des IFT quelque soit la culture. En été c'est la lutte contre l'oïdium, les **noctuelles** et *Tuta* qui génère le plus d'IFT.

La stratégie de gestion de la santé des cultures permet de rester à de faibles valeurs d'IFT. En effet, cette stratégie consiste à **donner le temps aux équilibres biologiques de s'installer** et donc « tolère » les infestations de ravageurs. Elle combine différentes **méthodes alternatives** (résistances, rotation, association culturale, lutte biologique par conservation et inondation, plantes de services,...) et en cas de recours aux traitements, **l'application est localisée** sur les espèces et les zones infestées. Cependant, plusieurs applications de type **savon potassique (hors IFT)** ont été réalisées sur les plantes pour nettoyer le miellat et la fumagine.

> Performances socio-économiques



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

L'introduction d'auxiliaires se fait exclusivement sur cultures d'été lorsque les auxiliaires indigènes ne suffisent pas. **Le nombre de lâchers par culture est malgré tout très réduit**, ce qui tend à répondre à l'objectif initial de ne pas réaliser d'interventions en culture. Cette stratégie a été prise en défaut l'été 2016 où la pression en aleurodes et *Tuta absoluta* a poussé à introduire divers parasitoïdes à plusieurs reprises pour l'expérimentation.

Le **nombre de pulvérisations est quasi-nul** sur les cultures d'hiver et varie de **4 à 11 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** qui selon les modes d'action ou pour améliorer l'efficacité nécessite des applications répétées.

Quelle que soit l'espèce, la **protection biologique** occupe une part relative très **faible du temps de travail total** assigné à la parcelle. **Ces résultats sont satisfaisants** car ils montrent que les leviers mobilisés impactent peu les temps de travaux. En revanche, le cumul des **temps de travaux par saison est encore insatisfaisant** car supérieur à celui des systèmes de circuit d'expédition.

3 raisons peuvent expliquer ces résultats : certaines **cultures de diversification** telles que le haricot vert et la courgette, même sur surface réduite, sont très **consommatrices de main d'œuvre** notamment pour la récolte. Les modalités de **conduite** des cultures d'été (palissage, taille) pourraient être **simplifiées** et **l'association culturale démultipliée et complexifiée certaines interventions**.

Zoom sur la « régulation naturelle indigène »

Le **défi technique** visant à intervenir le moins possible en **misant exclusivement sur les ennemis naturels indigènes pour gérer les bioagresseurs n'a pas été tenu** puisque des introductions d'auxiliaires, des éradications manuelles et des traitements AB ont été effectués **pour préserver la production**. Cette expérimentation a cependant permis de voir dans quelle situation ce défi est mis en défaut. Face aux **bioagresseurs aériens**, cette stratégie semble plus risquée en particulier face à des **entrées massives et précoces d'aleurodes et de mollusques**, à des **maladies à forte capacité de dispersion** telle que l'oïdium ou encore à des **organismes à fort taux de reproduction** tels que les acariens. Les multiples méthodes alternatives qui ont été combinées (association culturale, plantes de service, aménagement des abords, résistances, ...) n'ont pas suffi à maintenir les pressions à des niveaux soutenables selon nos critères d'évaluation.

Pistes d'améliorations du système et perspectives

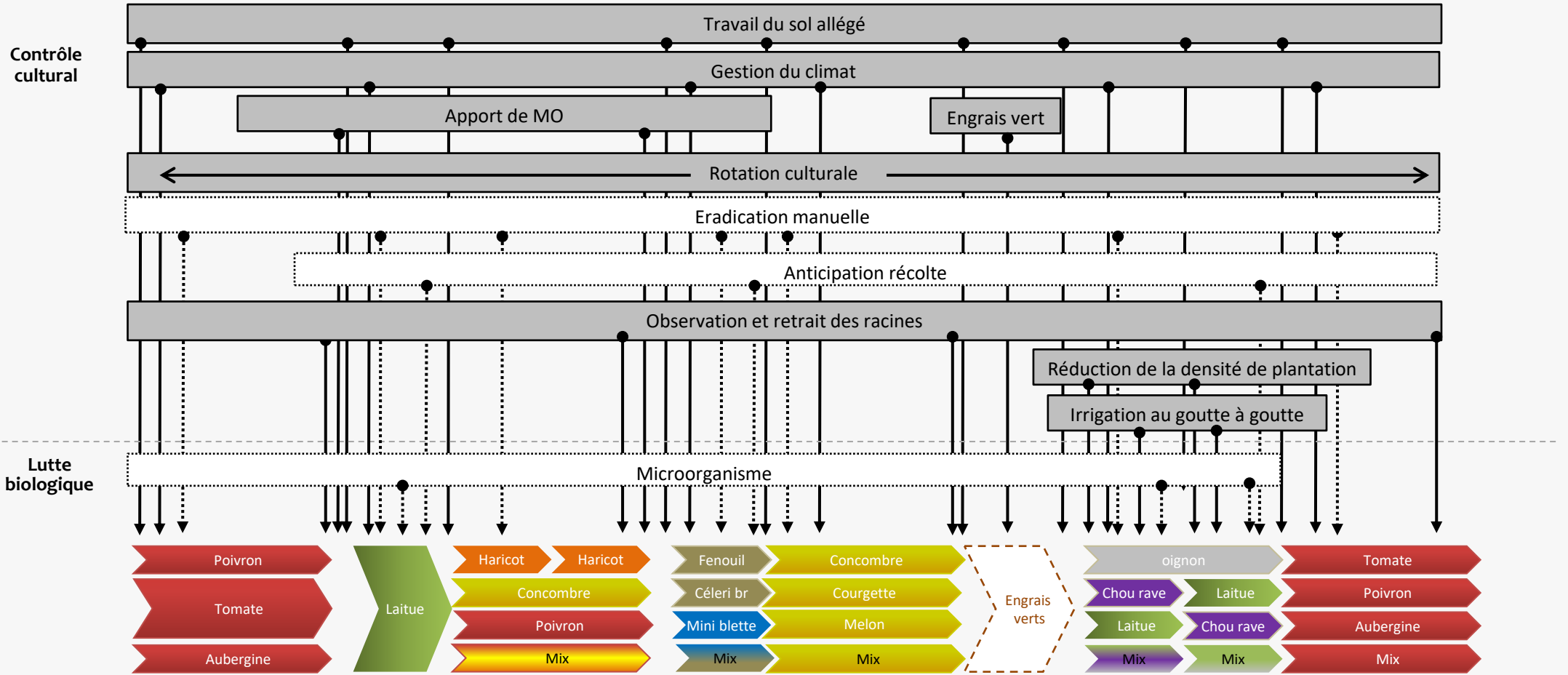
La robustesse du système pourrait être améliorée par la **gestion du couvert** en intégrant de **nouvelles plantes de services** pour accompagner la gestion d'autres bioagresseurs (acariens, oïdium) ou en mettant en œuvre des **associations culturales davantage pensées pour la santé des plantes**.

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

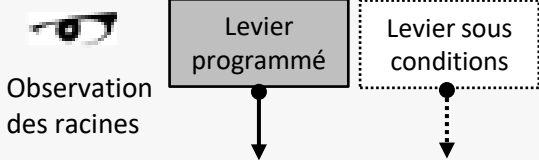
Action pilotée par le ministère chargé de l'agriculture et le ministère chargé de l'environnement, avec l'appui financier de l'Agence française pour la biodiversité, par les crédits issus de la redevance pour pollutions diffuses attribués au financement du plan Ecophyto.

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.



Légende :



Bioagresseurs cibles :

Maladies
Botrytis, *Sclerotinia sclerotiorum*,
Rhizoctonia solani, *Pythium*,
verticillium dahliae, *colletotrichum*,

Ravageurs
Agrotis ipsilon

Objectifs :

- Laitue : proportion de plants touchés par *Botrytis*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia* et noctuelles terricoles < 30%, 30% et 5% et 5% resp.
- Toutes cultures : maintenir un bon état sanitaire des racines (INR : Indice de Nécrose Racinaire < 3), éviter la perte de plants, ne pas générer d'inoculum pour les cultures suivantes



Leviers

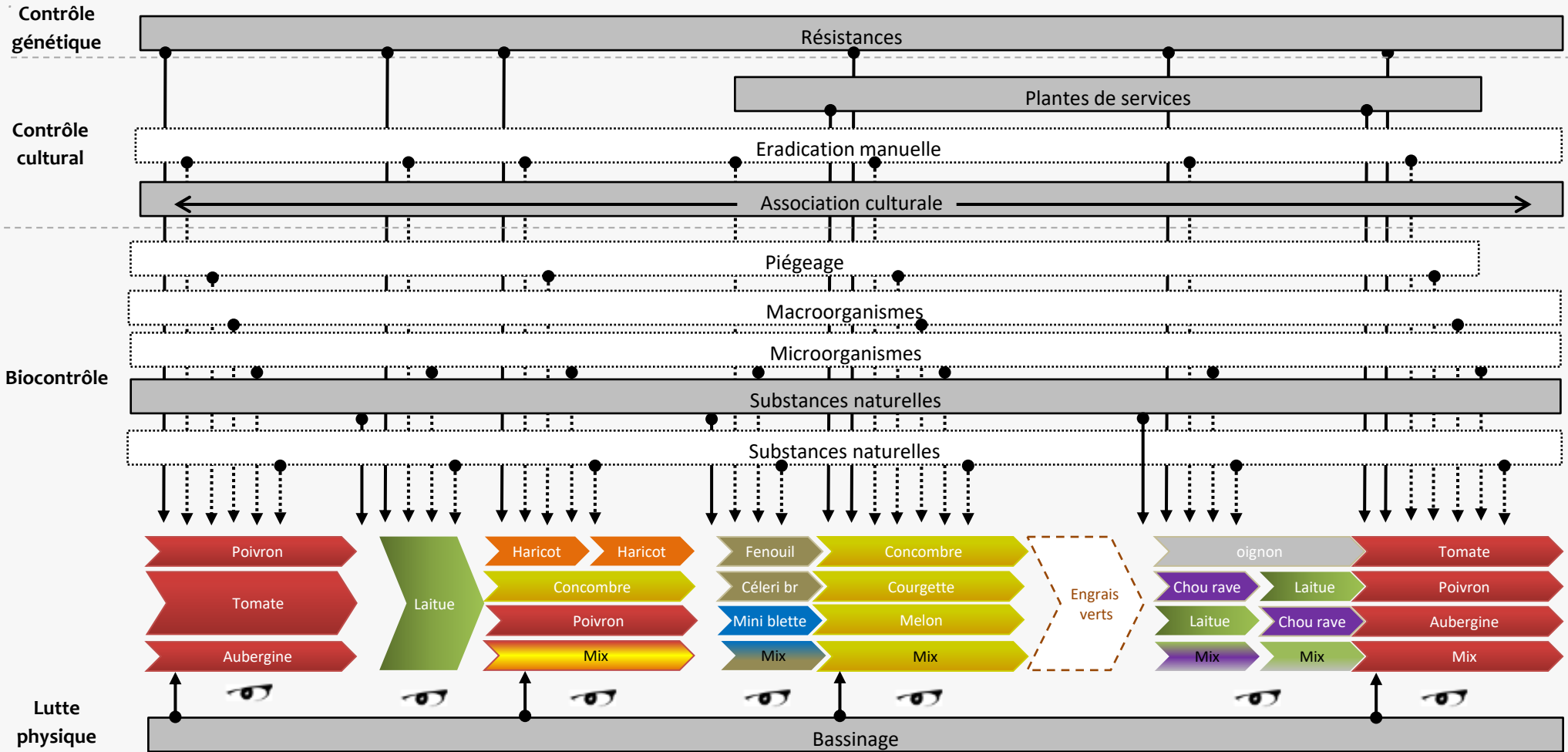
Principes d'action

Enseignements

Travail du sol allégé	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<p>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.</p>
Gestion du climat	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<p>La gestion du climat est primordiale pour les cultures conduites en AB.</p>
Engrais vert	<ul style="list-style-type: none"> 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). 	<p>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.</p>
Apport de MO	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<p>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.</p>
Rotation culturale	<ul style="list-style-type: none"> Rotation longue (6 ans) de cultures non ou mauvais-hôte des principaux bioagresseurs telluriques des cultures maraichères et d'espèces mycorhizotrophes (oignon). 	<p>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.</p>
Eradication manuelle	<ul style="list-style-type: none"> Retrait des plants morts de <i>sclerotinia</i>, retrait des larves de noctuelles terricoles et remplacement des plants de laitue détruits par les noctuelles terricoles 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. 	<p>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 sclérotinia cela permet d'éliminer une partie les formes de conservation du champignon (sclérototes) et ainsi de réduire le risque de propagation de la maladie à court et moyen terme.</p>
Observation et Retrait des racines		
Réduction de la densité de plantation	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<p>Les allées rendent observation, éradication manuelle et récoltes en plusieurs fois plus aisées, moins destructives. Améliore la circulation de l'air.</p>
Irrigation au goutte à goutte	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<p>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.</p>
Anticipation récolte	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<p>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.</p>
Microorganisme	<ul style="list-style-type: none"> Application de <i>Bacillus subtilis</i> en cas de pression modérée botrytis et/ou sclérotinia sur salade. 	<p>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.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<p>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.</p>

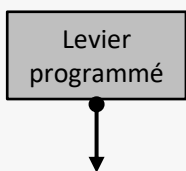


Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des ravageurs aériens.



Légende :

Suivi hebdomadaire des pressions



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.

Ravageurs cibles :

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

Bande fleurie inter-tunnel



(Crédit photo : B. Perrin)



Leviers

Principes d'action

Enseignements

Résistance

Laitues résistantes à *Nasonovia ribisnigri* (Nr0) / Melon résistants à *Aphis gossypii* (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 les populations 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 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

Les lâchers d'auxiliaires sont réalisés uniquement si les auxiliaires indigènes sont jugés insuffisants au vu des populations de ravageurs ou des dégâts qu'il causent.

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

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 appliqués 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.

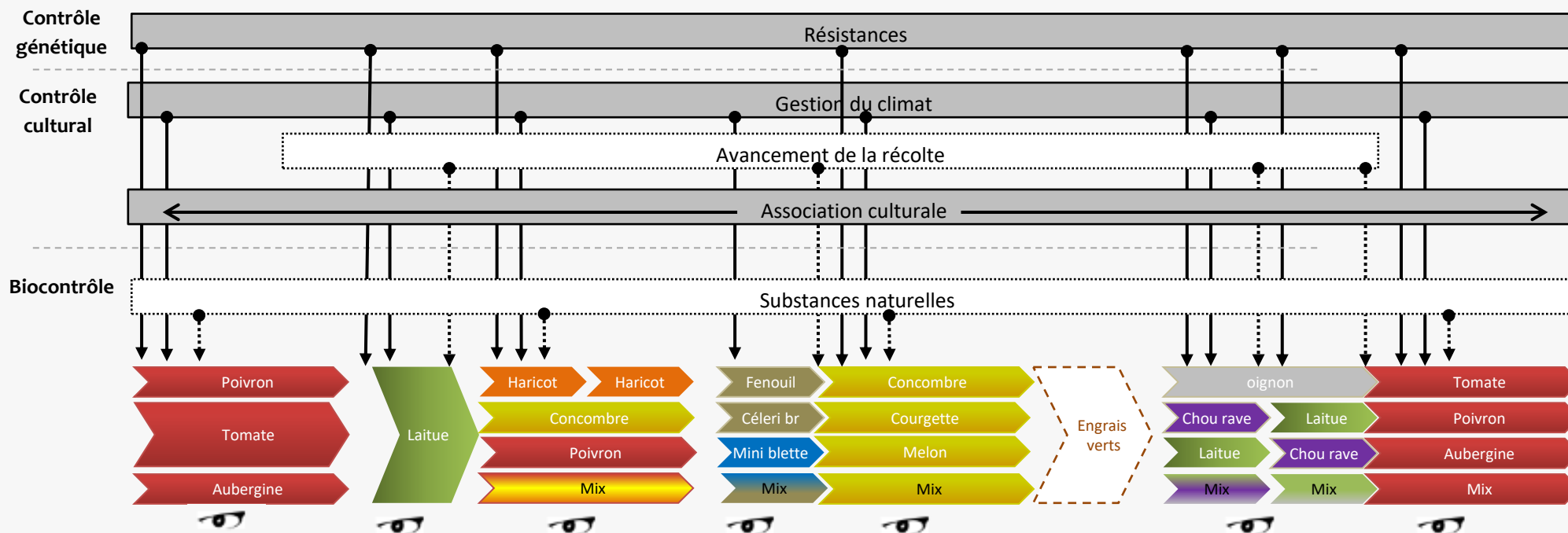
Ce levier semble efficace et présente aussi un enjeu sur la fertilisation en AB (minéralisation de l'azote des passes pieds) mais il est très risqué car l'augmentation de l'hygrométrie peut aussi favoriser des problèmes de maladies notamment de mildiou et *Colletotrichum coccodes* sur concombre ce qui a été le cas malgré les précautions prises.



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 répercutions 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'*Oidium*.

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 $T > 0^{\circ}\text{C}$ 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 été, en cas d'attaque légère d'*Oidium*, 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.



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