



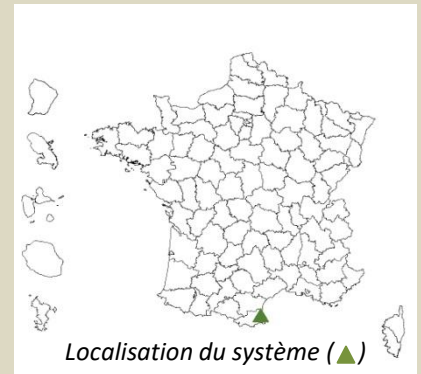
Projet : 4SYSLEG - Conception et évaluation multicritère de 4 SYSTèmes de production intégrée de cultures LEGumières sous abri non chauffé, adaptés à différents contextes technico-économiques

Site : INRA Alénia

Localisation : Mas Blanc 66200 ALENYA
(42.638608, 2.967014)

Système DEPHY : LongAB

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



Maraîchage diversifié en AB, conçu pour un débouché circuit long

Site : station expérimentale INRA

Durée de l'essai : 2013-2018

Situation de production : culture en sol sous abris plastique

Espèces : laitue, chou-rave, fenouil, aubergine, concombre, melon, tomate

Conduite : Agriculture Biologique

Circuit commercial : long (expédition), marché de frais

Dispositif expérimental : 1 tunnel de 400 m². 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 carbonaté sur matériaux peu calcaires - sables limoneux à partir de 40 cm. Taux de Matière Organique (0-30 cm, 2017) = 1,65 %. Sol non caillouteux. Risque de battance.

Origine du système

Le **système LongAB** vise la production de légumes frais dans le respect du cahier des charges **AB** destinés à **l'expédition**. La technicité requise pour atteindre les volumes et la qualité demandée par les circuits longs impose souvent une spécialisation des exploitations sur quelques espèces. Dans la plaine du Roussillon, la **laitue** occupe historiquement une place importante dans les rotations en hiver et laisse place à des **solanacées** ou des **cucurbitacées** en été. Le faible nombre de leviers disponibles en AB, leur efficacité partielle et les délais de retour trop courts - notamment pour la laitue - peuvent générer des situations sanitaires problématiques. Après quelques ajustements en début de projet, la rotation finalisée depuis 2015 vise à gérer les bioagresseurs telluriques tout en laissant une **place importante à la laitue** avec 1 culture par hiver 2 années sur 3. En effet, le 3^{ème} hiver, la salade laisse sa place à une espèce dite de **diversification plus rustique** et suivie d'un melon de printemps puis d'une **solarisation** et d'un **engrais vert**. Les autres étés font s'alterner des solanacées ou des cucurbitacées suivies d'un engrais vert lorsque le calendrier le permet.

Objectif de réduction d'IFT

Produire avec un IFT chimique et biocontrôle le plus bas possible

Mots clés

Maraîchage sous abris – Circuit long – Agriculture Biologique – Bioagresseurs aériens et telluriques

Stratégie globale

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

Efficiences : 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

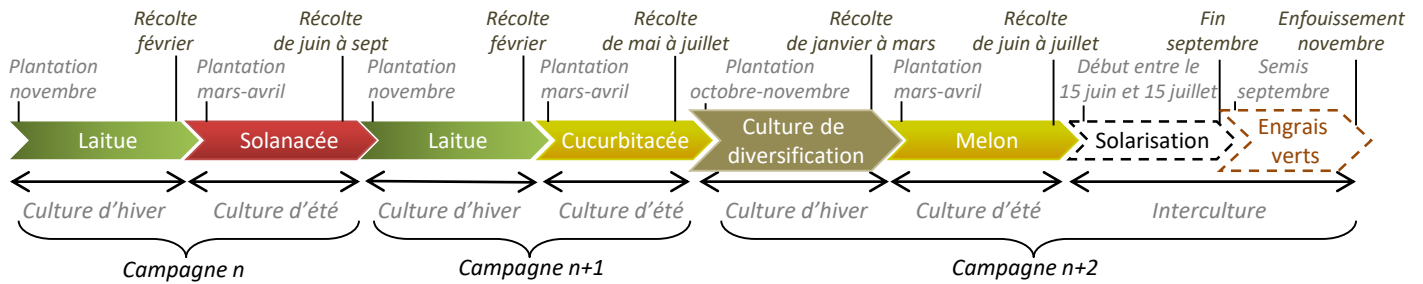


Le mot du pilote de l'expérimentation

« Les stratégies de protection contre les bioagresseurs se basent sur **l'anticipation** pour **réussir la protection AB tout en préservant volumes et qualité de la production**. Ce défi technique a guidé l'élaboration et l'amélioration continue de nos règles de décision (RDD) pour ce système. L'évolution des RDD peut expliquer des performances très différentes sur des campagnes différentes (IFT, ...). A ce jour, ce type de système souffre du **manque d'outil d'aide à la décision** pour faciliter la prévision et la détection des problèmes. Ces outils sont pourtant indispensables pour activer à temps les leviers disponibles qui n'ont que des effets partiels. » Benjamin PERRIN

Caractéristiques du système

Succession culturelle :



Pour les **solanacées**, il a été choisi une **alternance aubergine/tomate**. Pour les **cucurbitacées**, il a été choisi le **concombre**. Pour les **cultures de diversification d'hiver**, il y a une **alternance chou rave – fenouil**, plantés chacune en 2 fois par demis tunnels à 15 jours d'écart afin de faciliter l'écoulement des produits. L'essai a débuté au printemps 2013 avec une culture d'aubergine.

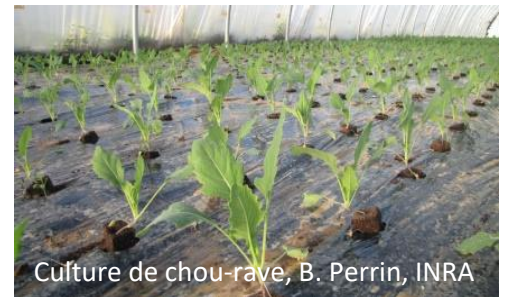
Mode d'irrigation : **aspersion** pour les laitues, choux-raves et engrais verts. **Goutte à goutte** pour les cultures d'été et le fenouil. **Pilotage des irrigations** : **tensiomètre + tarière** pour les cultures d'hiver. A l'**ETP** (EvapoTranspiration Potentielle) pour les autres cultures et les engrais verts.

Amendement et fertilisation : apport de compost de déchets 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 : outils de type canadien et rotobèche pour un travail du sol en profondeur, herse rotative avec rouleau pour un travail de surface et vibroculteur pour un travail de surface, pour la gestion des adventices et la préparation du lit de plantation.

Interculture : tous les 3 ans, solarisation de juillet d'au moins 45 jours puis engrais vert (sorgho). Lorsque le calendrier le permet un engrais vert plurispécifique est intercalé entre les cultures d'été et d'hiver, cela a été le cas en 2017 entre la culture de concombre et celle de fenouil. 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, la solarisation et les engrais verts contribuent aussi à la gestion des adventices.



Infrastructures agro-écologiques à l'extérieur des tunnels : haies arbustives, bandes fleuries et céréales.

Objectifs du système

Agronomiques	Maîtrise des bioagresseurs	Environnementaux	Socio-économiques
Rendement Maximiser les rendements et minimiser les taux de déchets.	... aériens Maîtriser les niveaux de population afin d'éviter les dommages et les pertes. Laitue : seuil d'acceptabilité de plants touchés par les pucerons, noctuelles, mollusques et mildiou < 2 %, 5 %, 5 % et 2 % respectivement.	IFT Produire avec un IFT chimique et biocontrôle le plus bas possible.	Coûts de production Maîtriser les coûts de production.
Qualité des produits Types variétaux attendus par le marché. Respect des normes de qualité demandées par les circuits d'expédition (aspect visuel et sanitaire, homogénéité des lots, calibre). Respect du cahier des charges AB.	... telluriques Maintenir un bon état sanitaire des systèmes racinaires : indice de nécroses racinaires < 3. Laitue : seuil d'acceptabilité de plants touchés par <i>Botrytis</i> , <i>Rhizoctonia</i> , <i>Sclerotinia</i> et <i>noctuelles terricoles</i> < 30 %, 30 %, 5 % et 2 % respectivement.	Biodiversité Préserver l'entomofaune utile (auxiliaires et pollinisateurs).	Productivité Maximiser la productivité du tunnel.
Fertilité des sols Maintien de la fertilité physique, chimique et biologique des sols.	... adventices Eviter l'enherbement des parcelles.		Temps de travail Maîtriser le nombre de pulvérisations et de lâchers. Récolte en 1 seul passage pour les laitues et en 3 passages pour les fenouils et choux-raves plantés à une même date.

Résultats sur les campagnes de 2013 à 2017

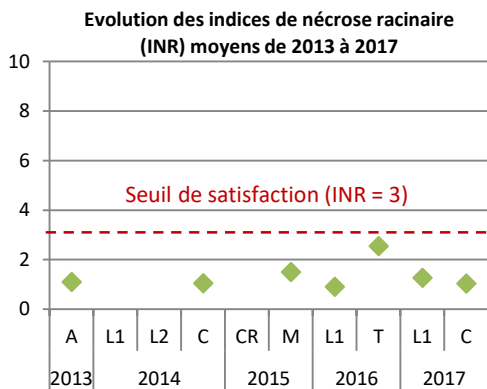
> Maîtrise des bioagresseurs aériens (BAA) et telluriques (BAT)

Le code couleur traduit le niveau de satisfaction des résultats vis-à-vis des objectifs initialement fixés
 😊 satisfaisant 😐 moyennement satisfaisant 😞 insatisfaisant ☐ non concerné ☐ non observé
 A : Aubergine, L : Laitue, C : Concombre, CR : Chou rave, T : Tomate, M : Melon, S : solarisation, EV : Engrais Vert

La maîtrise des BAA est évaluée par le pilote de l'expérimentation depuis 2014 en fonction des populations, des symptômes et/ou des dégâts observés. Sur la **laitue**, les **BAA ont été bien maîtrisés** hormis en 2016 du fait d'une pression maladie importante à relier à un climat particulièrement doux. Le **chou rave** est une espèce **robuste** qui n'a souffert d'aucun BAA. On observe une tendance à l'**accroissement de la pression mollusques** sur laitue. En été, les bioagresseurs aériens les plus **problématiques** sont l'**oïdium (*O. neolycopersici*)** sur tomate et l'**acarier, les pucerons et le mildiou** sur concombre. Sur le melon la maîtrise des BAA est très satisfaisante.

Niveau de satisfaction du pilote de l'expérimentation sur la maîtrise des bioagresseurs aériens (BAA) et telluriques (BAT)

LongAB	Campagnes	Espèce	2013		2014		2015		2016		2017		Satisfaction globale sur les 4 campagnes
			A	L1	L2	C	CR	M	L1	T	L1	C	
Bioagresseurs telluriques		Botrytis	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
		Sclerotinia	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
		Rhizoctonia	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Ravageurs aériens		Noctuelles terricoles	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
		Pucerons	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
		Noctuelles défoliatrices	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
		Mollusques	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
		Aleurodes	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
		Thrips	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
		Tuta absoluta	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
		Acarier	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
		Oïdium	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
		Mildiou	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊



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). Mesuré sur toutes les cultures d'été, cet indice est évalué sur laitues à partir de 2015. 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**. Bien qu'il attaque les parties aériennes, le **sclerotinia** est classé en BAT car il se conserve dans le sol sous forme de sclérotés, le seuil de satisfaction est faible car les plants touchés sont rapidement perdus et engendrent un inoculum pour les cultures suivantes. En 2014 et 2015, respectivement 8 % et 9 % des laitues étaient atteintes par ***S. sclerotiorum***, ce qui a été jugé comme **moyennement satisfaisant**.

Les adventices n'ont pas fait l'objet de suivi particulier. La pression en **pourpiers, chardons et liserons est montante** mais reste **satisfaisante** aux yeux du pilote de l'expérimentation.

> Performances agronomiques

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** (types demandés et variétés aptes au transport et à la conservation, ...) et le **cahier des charges AB a été respecté**.

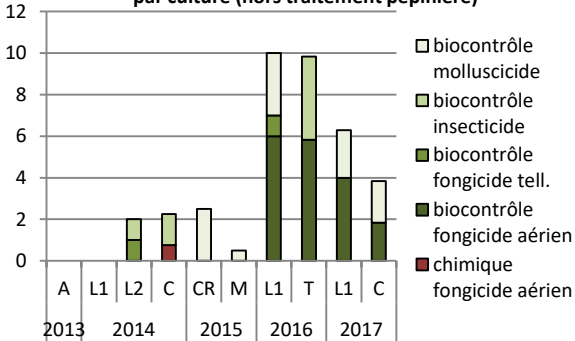
Valeur et niveau de satisfaction des rendements bruts, commercialisables et des taux de déchet par culture

LongAB	Campagnes	2013		2014			2015		2016		2017		Satisfaction globale sur les 5 campagnes
		A	L1	L2	C	CR	M	L1	T	L1	C		
	Variété	'Black Pearl'	'Fakto'	'Ersilie'	'Diapason'	'Lech'	'Artemis'	'Ondatra'	'Paola'	'Isadora'	'Diapason'		
	unité	(kg/m ²)	(p./m ²)	(p./m ²)	(p./m ²)	(p./m ²)	(kg/m ²)	(p./m ²)	(kg/m ²)	(p./m ²)	(kg/m ²)	(p./m ²)	(p./m ²)
	Rdt brut	13,9	11,5	12,1	32,3	12,6	3,3	12,1	9,2	12,2	38,9	😊	
	Rdt commercialisable	12,8	11,5	11,0	22,9	10,8	3,1	6,8	7,6	9,0	24,1	😊	
	% déchets	8%	0%	9%	29%	14%	8%	44%	17%	27%	36%	😊	

Dans l'ensemble, les **rendements bruts** sont **satisfaisants** compte-tenu des durées de production. Les **taux de déchets**, triés selon les normes de qualité des circuits d'expédition : aspect visuel, sanitaire, calibres, sont parfois importants mais **majoritairement induits par des défauts abiotiques** (trop petits, fendus, pointus, ...) sauf pour la laitue de 2016. Globalement les **rendements commercialisables** qui en résultent sont **moyennement satisfaisants**. Les objectifs de **nombre de récoltes** sur les **cultures d'hiver** sont atteints mais impliquent parfois des forts taux de déchets en cas de forte hétérogénéité de croissance à l'échelle de la parcelle.

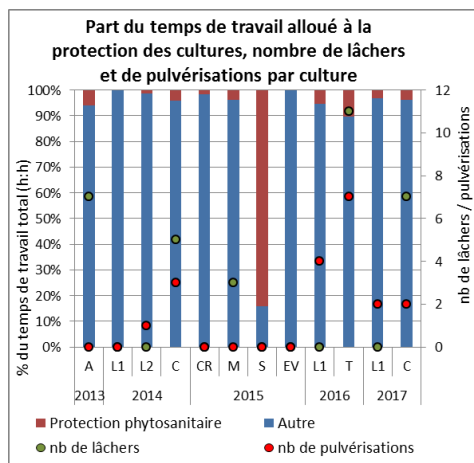
> Performances environnementales

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



Les **IFT**, calculés en fin de campagne selon les normes en vigueur à chaque campagne sont **quasi exclusivement** de type **biocontrôle**. Afin de minimiser la prise de risque vis-à-vis de ***Botrytis sp.*, *Sclerotinia sp.* et *Brémia lactucae*** en laitue, les stratégies de lutte ont intégré progressivement de nouveaux produits de biocontrôle (notamment à action de stimulation de défense des plantes = SDP) appliqués en préventif jusqu'en 2016. En 2017, 2 traitements préventifs sont supprimés afin de réduire le nombre de passages. Ceci explique la forte variabilité des IFT des différentes laitues du système. La lutte contre les **mollusques** génère un fort **IFT en hiver**. En été les stratégies de lutte contre les ravageurs reposent avant tout sur des **lâchers d'auxiliaires** ce qui permet de réduire les pulvérisations. Les **IFT** des cultures d'été sont ainsi principalement générés par la **lutte contre les maladies fongiques aériennes** (oïdium et mildiou). Globalement, les **performances environnementales** sont **satisfaisantes**.

> Performances socio-économiques



Les introductions d'**auxiliaires** se font exclusivement sur cultures d'été avec de 2 à 11 lâchers selon l'espèce cultivée et les pressions subies. Les **lâchers préventifs** n'ont pas été suffisants pour contenir les ravageurs, des **lâchers curatifs** ont dû être effectués. Les cultures de tomate, de concombre et d'aubergine ont nécessité le plus de lâchers curatifs et sont donc **peu satisfaisantes** sur ce registre par rapport au melon.

Les **pulvérisations** sur cultures d'hiver sont essentiellement programmées en préventif et concernent en majeure partie des produits possédant une AMM avec un mode d'action de SDP. Les 4 passages sur la laitue **L1 de 2016** ont été jugés **trop nombreux**. Ce calendrier a donc été révisé pour L1-2017 en regroupant et réduisant les applications. Sur les cultures d'été les pulvérisations ne sont déclenchées que sur détection d'un problème sanitaire : le **nombre de pulvérisations sur cultures d'été** est **satisfaisant** dans l'ensemble, avec toutefois une valeur élevée sur la tomate de 2016.

Quelle que soit l'espèce cultivée, la **protection biologique intégrée** occupe une très **faible part du temps de travail total** affecté à la parcelle. **Ces résultats sont satisfaisants** et montrent que les leviers mobilisés impactent peu les temps de travaux ; les choix techniques réalisés sont appropriés de ce point de vue.

1 lâcher = introduction d'1 espèce de macroorganisme à 1 date donnée (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)

Zoom sur l'installation précoce des auxiliaires sur les cultures d'été



Les **2 premiers étés** (aubergine 2013 et concombre 2014), la gestion des ravageurs aériens se basait principalement sur des **lâchers d'auxiliaires en culture**, du **piégeage**, des **éradications manuelles** et des **bassinages** visant à modifier le climat au profit des auxiliaires. Cette stratégie n'a **pas suffi à maîtriser** convenablement la forte pression du site expérimental en ravageurs aériens. Par la suite, nous avons modifié les règles de décisions afin de conforter l'établissement des populations d'**auxiliaires** sur les cultures **le plus tôt possible**, avant même l'arrivée des ravageurs. 4 grandes mesures ont été combinées pour y arriver :

- l'**implantation de bandes fleuries** plurispécifiques en inter-tunnels et de haies et de bosquets multi-espèces en 2014 ;
- l'**implantation plus précoce** des cultures (au mois de mars) couplée à l'introduction d'**auxiliaires dès la pépinière** et à leur **nourrissage** tant qu'il n'y a pas de ressources disponibles. La combinaison de ces 3 leviers vise à allonger et à conforter au maximum la période d'installation des auxiliaires avant l'arrivée des ravageurs. Cela s'est traduit par des lâchers en pépinière de *Macrolophus pygmaeus* sur tomate, nourris avec des œufs d'*Ephestia* et/ou des cystes d'*Artemia*. Sur concombre, les acariens prédateurs *N. californicus* et *A. swirskii* ont été introduits en pépinière et nourris avec du pollen grâce à un pulvérisateur à pollen. En plus du gain de précocité d'installation des auxiliaires, cette technique permet des lâchers plus homogènes et plus rapides. Cela implique toutefois de maîtriser la production de plants et de prendre certaines précautions en pépinière pour les conditions climatiques qui doivent être compatibles avec les besoins des organismes introduits, et pour les arrosages des plants à réaliser alors plante à plante sous le feuillage ou par sub-irrigation afin de ne pas lessiver les produits de nourrissage et de ne pas tuer les auxiliaires.
- l'utilisation de **plantes de services** produites sur le site expérimental, qui se traduit en concombre par la plantation d'alysson (*Alyssum maritimum*) pour attirer les syrphes, l'installation de plante relais pour *A. colemani* (ici des pots *Eleusine coracana*) et en tomate par le recours à des pots de soucis (*Calendula officinalis*) pour faire hiverner *M. pygmaeus*.

La **combinaison** de ces méthodes semble rendre la stratégie de protection plus robuste vis-à-vis des ravageurs. Contre le puceron par exemple, depuis ces modifications, hormis quelques éradications manuelles ponctuelles, aucune mesure curative n'a été nécessaire. Les prédateurs et parasitoïdes indigènes suffisent désormais au contrôle des pucerons.

Pistes d'améliorations du système et perspectives



Un point faible du système initialement conçu est un taux relativement faible d'occupation du sol avec sur la durée de la succession, une longue période de sol nu entre l'arrachage des cultures d'été et l'implantation de la culture suivante prévue au cœur de l'hiver (pour minimiser les risques sanitaires dans une logique d'évitement).

Ces périodes de sol nu sont propices à l'enherbement de la parcelle par des adventices peu sensibles à la solarisation (pourpier, chardon et liseron). L'amélioration du système sur ce point passera par l'introduction d'engrais vert diversifié et adapté à ce créneau qui - en plus de réduire la levée des adventices - devrait permettre de maintenir et d'améliorer les composantes physiques, chimiques et biologiques de la fertilité du sol. Par ailleurs, l'effet de la solarisation sur les communautés de microorganismes du sol est à ce jour peu connu ou soumis à controverse. Nous envisageons d'explorer cet effet en mobilisant une approche génétique et une analyse de la microflore du sol.

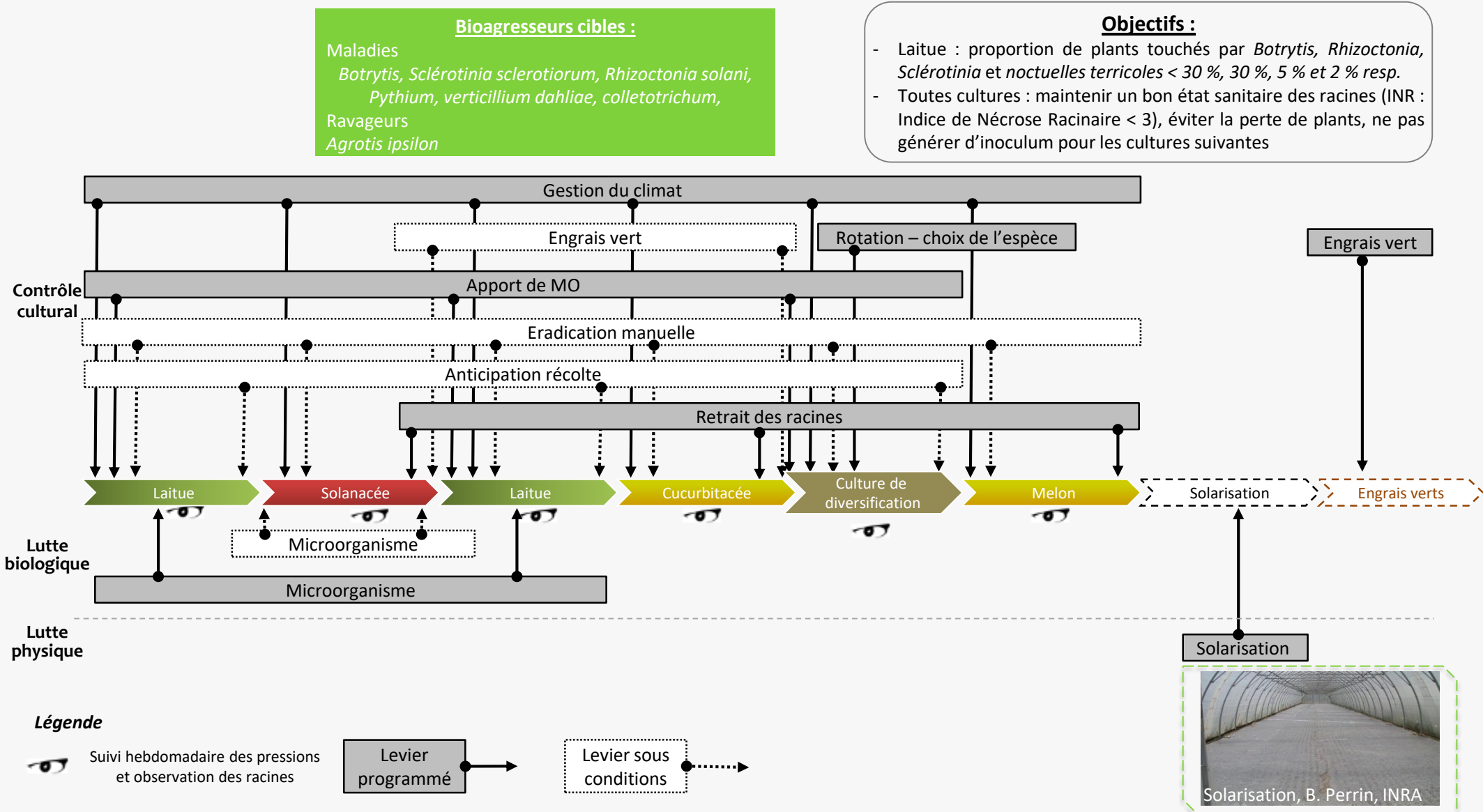
Pour en savoir **+**, consultez les fiches **PROJET** et les fiches **SITE**

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.


La stratégie de gestion des bioagresseurs telluriques est présentée sur deux feuilles. Cette feuille reprend le schéma décisionnel. Sur la feuille suivante, un tableau détaille les principes d'action et les enseignements des différents leviers.



Leviers

Principes d'action

Enseignements

Gestion du climat	Consignes laitues : faitage : ouverts si T > 0°C, fermés 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	La gestion du climat est primordiale pour les cultures de laitues conduites en AB car les principales maladies de la laitue se développent dans les conditions humides. Les portes grillagées sont installées pour favoriser l'aération de l'abris tout en évitant l'intrusion de gibier dans la parcelle expérimentale.
Engrais vert	Tous les 3 ans après la solarisation, semis d'un sorgho à 50 kg/ha enfouis à 35-45 j pour piéger les nitrates, homogénéiser le sol, améliorer ses propriétés physiques, chimiques et biologiques et faire une culture de rupture vis-à-vis des cycles des bioagresseurs telluriques.	Le sorgho a une bonne capacité de germination. Il est vigoureux, couvre rapidement le sol laissant peu de place aux adventices et produit une biomasse importante en peu de temps. Une durée minimale de 15 j après l'enfouissement est nécessaire pour assurer la dégradation de la biomasse avant de remettre le tunnel en culture.
Engrais vert	Un engrais vert diversifié (sorgho-sarrasin-pois fourrager) est semé à 8-15-200 kg/ha respectivement après arrachage des cultures d'été si le calendrier le permet pour éviter de laisser le sol nu et ainsi maintenir un sol vivant.	Le mélange testé est rapidement couvrant et donc assez concurrentiel. Le sarrasin fleuri rapidement (≈ 45 j) et les graines sont rapidement viables, il faut donc être vigilant pour faire le broyage au bon moment.
Apport de MO	Apport annuel de 30 t/ha de compost de déchets verts à l'automne pour maintenir le stock de matière organique 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.
Rotation choix de l'espèce	Culture d'une espèce non ou mauvais-hôte des principaux bioagresseurs telluriques de la laitue (chou-rave, fenouil). 2 dates de plantation pour faciliter l'écoulement des produits.	Ces deux espèces sont rustiques et peu sensibles aux bioagresseurs de la laitue, hormis un risque <i>sclerotinia</i> sur fenouil.
Eradication manuelle	Retrait des plants morts de <i>sclerotinia</i> , éradication des larves de noctuelles terricoles et remplacement des plants de laitue détruits par ces noctuelles les 7 premiers jours.	Le remplacement des plants de laitue 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 (sclérotés) et ainsi de réduire le risque de propagation de la maladie à court et moyen terme.
Retrait des racines	Evacuation des déchets de culture d'hiver et d'été. Retrait systématique des racines des cultures d'été à l'arrachage.	
Anticipation récolte	Avancement des récoltes de laitue en cas de forte pression si le poids minimal (320 g) est atteint et que les DAR (Délai Avant Récolte) sont respectés. Le poids minimal peut être abaissé à 300 voir 280 g, ce qui laisse plus de marge de manœuvre pour l'activation de ce levier.	C'est en fin de culture, lorsque les laitues se ferment et 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 laitues récoltées.
Microorganisme	2 applications de <i>Bacillus subtilis</i> (stimulateur de défense des plantes contre <i>botrytis</i> et <i>sclerotinia</i>) sur laitues à 7 et 14 j après plantation.	
Microorganisme	Application de <i>Coniothyrium minitans</i> (champignon antagoniste) en cas de pression <i>sclerotinia</i> sur la laitue qui suit la solarisation. Le produit est appliqué juste avant l'enfouissement des résidus de culture ou avant le travail du sol de la laitue suivante.	
Solarisation	Mise en place tous les 3 ans entre le 15 juin et le 15 juillet, après une culture de melon (1 jet) : travail du sol → plein en eau → pose d'une bâche plastique transparente → retrait de la bâche au moins 45 j plus tard. Le but est d'élever la température du sol au-delà des seuils de mortalité des bioagresseurs telluriques et des adventices.	Le choix de la période est crucial. Il faut se positionner dans la bonne fenêtre climatique pour assurer une montée rapide de la température sous la bâche pour éviter la germination des adventices et assurer une bonne efficacité.
	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 au choix de l'espèce de diversification d'hiver, du recours au greffage et servent à actionner les leviers d'éradication, d'anticipation des récoltes et d'application de microorganismes.



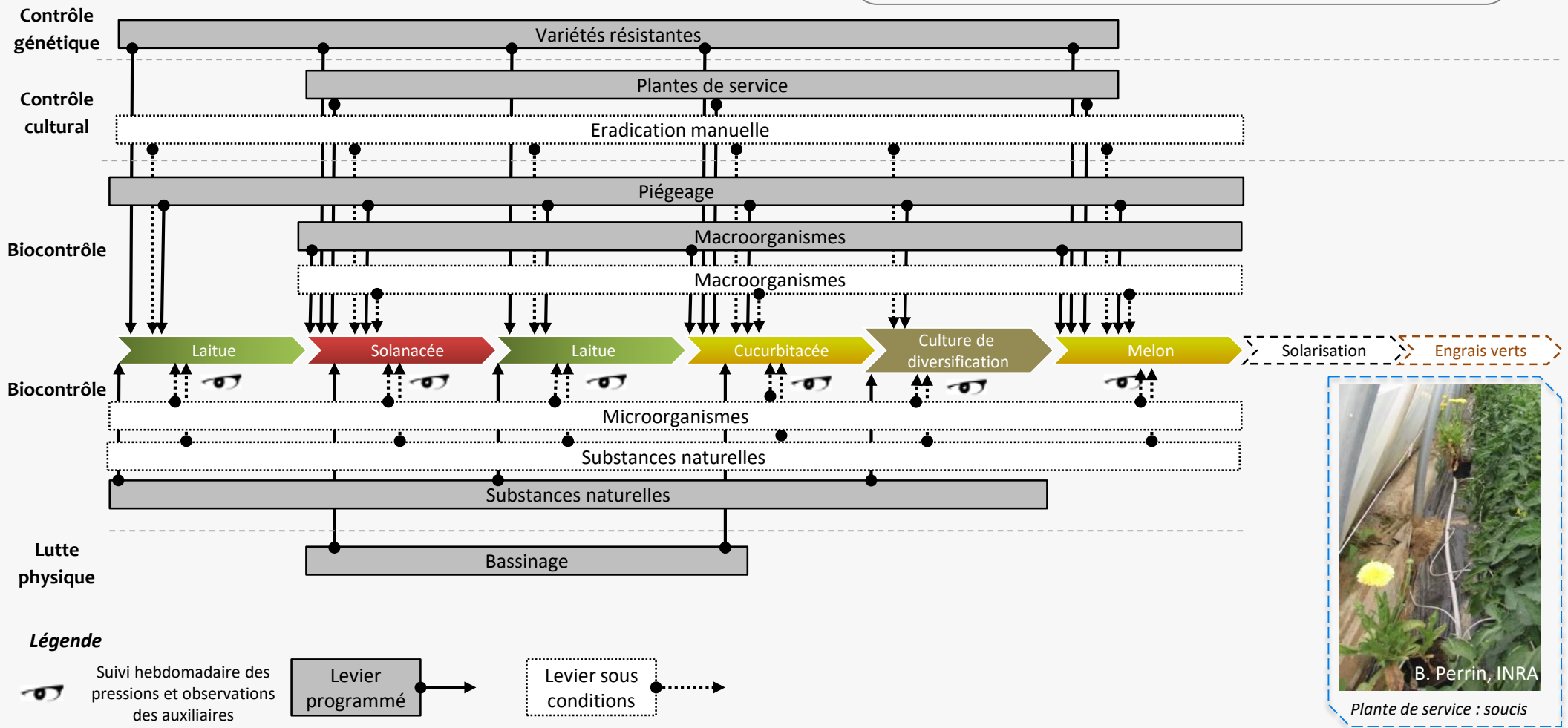
Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des ravageurs aériens.

La stratégie de gestion des ravageurs aériens est présentée sur deux feuilles. Cette feuille reprend le **schéma décisionnel**. Sur la feuille suivante, un tableau détaille les **principes d'action** et les **enseignements** des différents leviers.

Ravageurs cibles :
 Laitues : pucerons, noctuelles défoliatrices, mollusques
 Cultures d'été : aleurodes, acariens, pucerons, thrips, noctuelles défoliatrices, *Tuta absoluta*

Objectifs :

- Maîtriser les niveaux de population afin d'éviter les dommages et les pertes ;
- Laitue : proportion de plants touchés par les pucerons, noctuelles, mollusques < 2 %, 5 % et 5 % resp.





Leviers

Principes d'action

Enseignements

Variétés résistantes

Laitues résistantes à *Nasonovia ribisnigri* (Nr0). Melons résistants à *Aphis gossypii* (Ag). Toutes cultures d'étés : choix de variétés résistantes aux virus les plus fréquents et dommageables.

En plantant les laitues partiellement résistantes aux pucerons (Nr0) au cœur de l'hiver, aucun puceron n'a été observé à la récolte. Malgré la résistance partielle contre *A. gossypii* utilisée en melon, des petites colonies ont été observées mais elle n'ont pas pris d'ampleur.

Plantes de service

Pour les cultures hôtes de *M. pygmaeus* (tomate et aubergine), des pots de souci (*Calendula officinalis* : 40 pots/100 m²) chargés de *Macrolophus* récupérés des cultures précédentes sont installés au printemps sous les abris.

Pour les cultures d'été sensibles aux pucerons (melon, concombre, aubergine), des plantes relais pour *A. colemani* (*Eleusine coracana* : 1 pot/100 m²) et attractives pour les syrphes (*Alyssum maritimum* : 6 mottes/100 m²) sont installées sous les abris au printemps dans les rangs de culture.

Un essai mené en 2016 dans d'autres tunnels a montré que l'installation de pots 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. L'utilisation de soucis en pots permet de sortir les pots du tunnel ce qui rend la technique compatible avec la solarisation, les traitements sur cultures d'hiver et lui confère une souplesse d'utilisation : récupération des *Macrolophus* dans un tunnel de tomate l'année n et réintroduction dans un autre tunnel de tomate l'année n+1 par déplacement des pots. L'effet de l'Eleusine et des Alysson est plus délicat à évaluer. Toutefois depuis leur utilisation, aucun auxiliaire et traitement n'a été réalisé contre pucerons.

Eradication manuelle

Les 1^{ers} foyers localisés de ravageurs sans auxiliaires sont éradiqués par retrait des 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 apex des plantes sont secoués devant un panneau jaune englué afin de piéger les adultes. En hiver la détection des ravageurs est plus délicate et souvent trop tardive.

Piégeage

Pièges à phéromone pour détecter et réduire les problèmes de noctuelles sur laitues (*Autographa gamma*, *Agrotis ipsilon*) et de *Tuta absoluta* sur tomate. En été, installation panneaux jaunes et bleus englués pour suivre pressions aleurodes et thrips resp. Panneaux supplémentaires ajoutés et/ou renouvelés en cas de forte pression.

Sur laitue, des panneaux jaunes pour les pucerons et des pièges à limaces ont été testés en 2015-16 pour faciliter le monitoring mais aucune de ces deux méthodes n'a été maintenue car les pucerons piégés (ailés) sont difficilement identifiables et les quantités de limaces piégées ne sont pas corrélées aux dégâts observés.

Macroorganismes

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

Les lâchers précoces associés aux nourrissages permettent d'installer les auxiliaires avant l'arrivée des ravageurs. Cette technique requiert toutefois de maîtriser la production de plants et de prendre 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 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 répété 2 ou 3 fois à 7 jours d'intervalle).

Substances naturelles

En hiver application phosphate ferrique à la plantation sur ou sous le paillage pour gérer les mollusques. Si la pression observée le justifie, 1 ou 2 apports supplémentaires en culture sont possibles avant que les laitues ne pommont. En été apports de phosphate ferrique uniquement en cas de pression observée.

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

Substances naturelles

Bassinage

En concombre et aubergine des aspersion de 10 min sont réalisées en milieu de la 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 (minéralisation de l'azote des passes pieds en milieu de cycle) mais il est très risqué car l'augmentation de l'hygrométrie peut aussi favoriser des problèmes de maladies notamment de mildiou sur concombre ce qui a été le cas malgré les précautions prises.



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



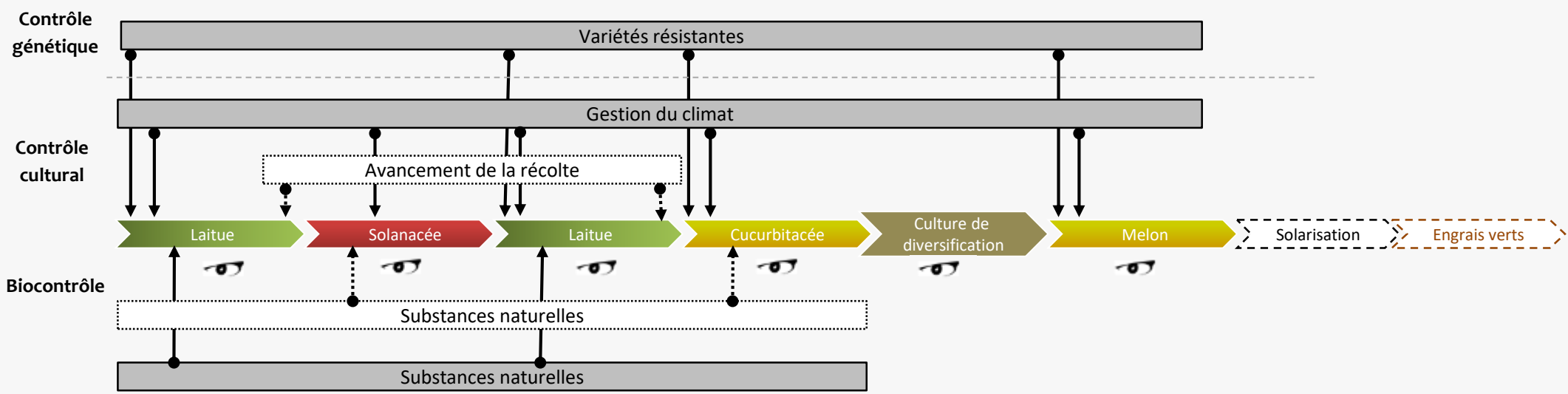
Avertissement : seuls les principaux leviers mis en œuvre dans le cadre de l'expérimentation et permettant une réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires sont présentés sur ce schéma. Il ne s'agit pas de la stratégie complète de gestion des maladies aériennes.

La stratégie de gestion des maladies aériennes est présentée sur deux feuilles. Cette feuille reprend le **schéma décisionnel**. Sur la feuille suivante, un tableau détaille les **principes d'action** et les **enseignements** des différents leviers.

Maladies cibles :
 Laitues : *Bremia*
 Cultures d'été : *Oïdium, Mildiou*

Objectifs :

- Laitues : proportion de plants touchés par mildiou < 2 % ;
- Cultures d'été : pas de répercussions de l'*oïdium* et du *mildiou* sur le rendement.



Légende

👁️ Suivi hebdomadaire des pressions

Levier programmé →

Levier sous conditions →





Leviers

Principes d'action

Enseignements

Variétés résistantes

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 résistances à l'*oïdium* sont très partielles en été ; à elles-seules elles ne suffisent pas à gérer le problème.

Gestion du climat

Consignes laitues : **faitage** : ouverts si $T > 0^{\circ}\text{C}$, fermés si pluie ; **portes** : fermés 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 de laitue en cas de forte pression si le poids minimal (320 g) est atteint et que les DAR (Délai Avant Récolte) sont respectés. Le poids minimal peut être abaissé à 300 voir 280 g, ce qui laisse plus de marge de manœuvre pour l'activation de ce levier.

Substances naturelles

En hiver sur laitue, 2 applications de Laminarine à 7 et 14 jours après plantation (stimulateur de défense des plantes contre mildiou).

Substances naturelles

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.



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