



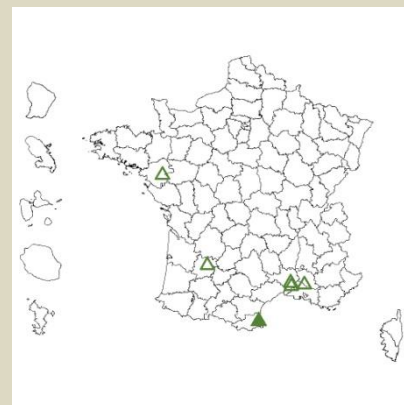
Projet : GEDUBAT - Innovations techniques et variétales pour une GEstion DURable des BioAgressors Telluriques dans les systèmes maraîchers sous abris

Site : INRA Alénia

Localisation : Mas Blanc 66200 ALENIA
 (42.638608, 2.967014)

Système DEPHY : Plus de risques

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



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

Gestion des bioagresseurs telluriques dans un système centré sur la salade ayant recours aux produits de biocontrôle et à la solarisation un été sur trois

Site : station expérimentale

Durée de l'essai : 2012-2017

Situation de production : cultures en sol sous abri plastique à froid

Espèces : laitue – tomate – concombre

Conduite : conventionnelle

Circuit commercial : circuit long d'expédition

Dispositif expérimental : un tunnel de 320 m², sans répétition temporelle ou spatiale

Système de référence : aucun, des références extérieures ainsi que l'expertise du pilote du système sont mobilisées

Type de sol : limono sableux, 19 % d'argile, Matière Organique (MO) : 1,5 %. Sol non caillouteux. Risque de battance.

Origine du système

Ce système est relativement peu diversifié et accorde une place centrale à la production de salade avec deux cultures en automne-hiver. Il alterne des solanacées et des cucurbitacées en printemps-été. La solarisation contribue à maîtriser les bioagresseurs telluriques. Ce système a été conçu dans la continuité du projet Prabioteel : le délai de retour de la solarisation a ainsi été allongé de 1 été sur 2 à 1 sur 3 depuis 2012. Cela permet de consacrer une place plus importante aux cultures commercialisées d'été.

Ce système vise comme débouchés la commercialisation de légumes vendus frais et non transformés en circuit long.

La protection des cultures privilégie les produits de biocontrôle disponibles sur le marché et réduit le recours à certains fongicides sur salade. Le même calendrier cultural est expérimenté dans le système « Techniques validées » (décrit dans une autre fiche).

Objectif de réduction d'IFT

IFT le plus bas possible

Il n'y a pas de références régionales sur les espèces travaillées

Mots clés

Maraîchage – Tunnel –
 Bioagresseurs telluriques –
 Solarisation – Biocontrôle

Stratégie globale

Efficience ☆☆☆☆☆

Substitution ★★★★★

Reconception ☆☆☆☆☆

Efficience : 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

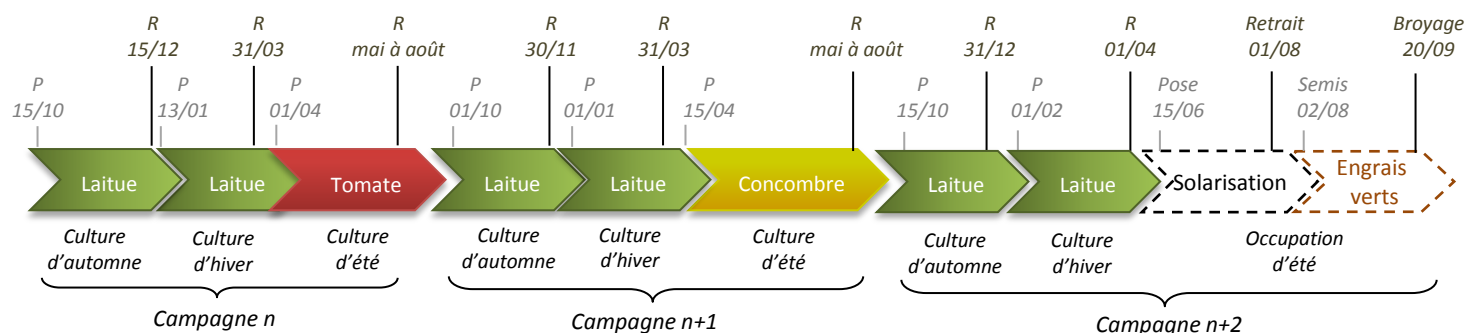


Le mot du pilote de l'expérimentation

« Ce système fait la part belle à la salade. Les maladies qui lui sont associées pèsent sur la qualité de la production. La désinfection par la solarisation tous les 3 ans permet de contenir les bioagresseurs telluriques. Suite aux enseignements de « Prabioteel », nous ne réalisons pas de traitement fongicide contre *Botrytis* et *Sclerotinia* sur la salade d'automne (1^{ère} culture). La salade avant la solarisation doit être particulièrement protégée. » L. PARÈS

Caractéristiques du système

Succession culturale : elle s'organise sur 3 ans. Deux cultures de laitue sont présentes tous les hivers. Deux étés sont consacrés aux cultures de vente avec solanacée ou cucurbitacée alternées. Le troisième été est réservé à la désinfection solaire du sol à partir de mi juin pour une durée 45 jours avec comme objectif de température à atteindre : 40°C à -10 cm de profondeur dans le sol. Elle est suivie d'un engrais vert en août pour 45 jours qui aura un rôle de piège à nitrates.



P = Plantation, R = Récolte, les dates informent sur une période

Mode d'irrigation : alternance d'irrigation en plein avec l'aspersion en hiver et d'apports localisés par le goutte à goutte en été. L'irrigation des laitues est raisonnée grâce aux tensiomètres couplés à un outil d'aide au pilotage.

Travail du sol : travail en profondeur avec canadien, rotochêche. Préparation du lit de plantation pour les cultures d'hiver avec la herse rotative associée à un rouleau pour les cultures d'hiver.

Fertilité du sol : apport de compost de déchet vert à l'automne pour maintenir la MO proche de 2 %.

Fertilisation : basée sur les besoins théoriques des cultures. Pour l'azote les apports sont ajustés grâce à des mesures de reliquats avant chaque culture. Une analyse chimique est réalisée tous les 3 ans.

Gestion des adventices : paillage plastique sur les 2 planches de salade ou sur les rangs de culture pour les cultures de printemps-été. La solarisation contribue aussi à minimiser le stock semencier. Désherbage chimique selon le taux d'enherbement en plein ou localisé sur les allées et les bordures depuis 2014.

Infrastructures agro-écologiques : végétation spontanée en inter-tunnel.



Laitue 2015 – Crédit photo : L. Parès INRA



Tomate 2015 – Crédit photo : L. Parès INRA

Objectifs du système

Agronomiques			Maîtrise des bioagresseurs			Environnementaux		
Fertilité du sol			Maîtrise des adventices			IFT		
<ul style="list-style-type: none"> - Maintenir le taux de MO \approx 2 % - Ne pas dégrader globalement la structure de sol ou générer trop d'hétérogénéité 			<ul style="list-style-type: none"> - Ne pas augmenter l'incidence des adventices sur les cultures 			<ul style="list-style-type: none"> - Produire avec un IFT le plus bas possible - Préserver l'entomofaune utile 		
Rendement			Maîtrise des bioagresseurs telluriques			Socio-économiques		
<ul style="list-style-type: none"> - Commercialiser 75 % des plantes - Minimiser les pertes de rendements liées aux bioagresseurs telluriques 			<ul style="list-style-type: none"> - Limiter la présence de pourritures basales sur salade dues à <i>Botrytis</i>, <i>Rhizoctonia</i> à moins de 30 %*, <i>big vein</i> à moins de 7 %*, <i>Sclerotinia</i> à moins de 5 %* [observation de mycélium ou de nécroses sur légume] - Limiter les dégâts des mollusques préjudiciables à la commercialisation sur les cultures d'hiver à moins de 10 %* - Maintenir l'état sanitaire des systèmes racinaires (INR < 2*) (plants en franc) 			Marge brute		
Qualité des produits			Maîtrise des bioagresseurs aériens			<ul style="list-style-type: none"> - Maîtriser le nombre de passage de récolte pour les cultures d'hiver - Maintenir la marge brute 		
<ul style="list-style-type: none"> - Critères de commercialisation du circuit long d'expédition pour le marché du frais 			<ul style="list-style-type: none"> - Sur salades, aucune tolérance vis-à-vis du mildiou et tolérance de quelques pucerons et traces de noctuelles - Sur les cultures d'été maîtriser les populations de ravageurs (aleurodes, acariens..) 					

* Les valeurs et % ne sont pas des seuils de nuisibilité ou d'intervention. Ils sont des indicateurs révélant l'état de la parcelle.

Résultats sur les campagnes de 2012 à 2017

> Maîtrise des bioagresseurs telluriques

Le code couleur traduit le niveau de satisfaction des résultats vis-à-vis des objectifs initialement fixés : vert = résultat satisfaisant, orange = résultat moyennement satisfaisant, rouge = résultat insatisfaisant, gris = non concerné. Le code pour les cultures est le suivant : T = Tomate ; C = Concombre ; L = Laitue

Les résultats ci-dessous traduisent la présence des bioagresseurs. Les dégâts causés n'induisent pas toujours de dommages et de pertes commerciales. Le code couleur traduit le niveau de satisfaction des résultats vis-à-vis des objectifs initialement fixés.

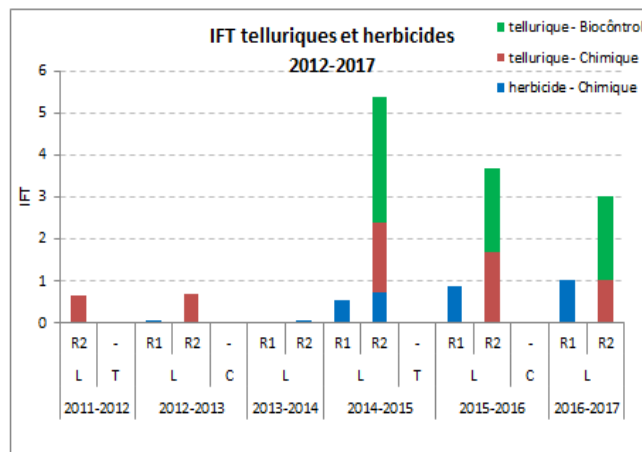
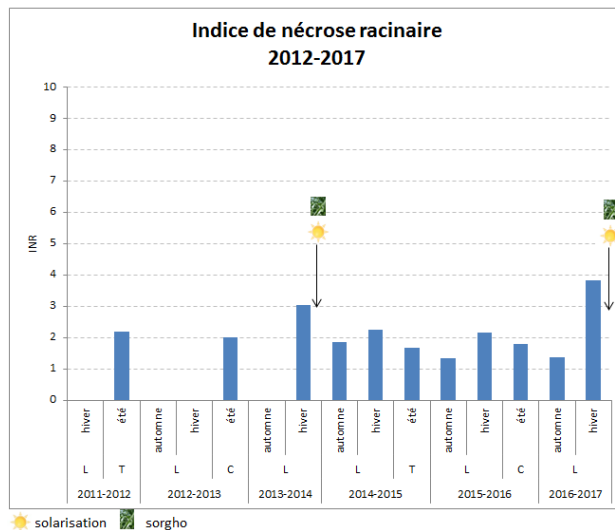
Niveau de satisfaction du pilote de l'expérimentation sur la maîtrise des bioagresseurs telluriques

	2012		2013			2014		2015			2016			2017		Satisfaction globale sur les 6 années
	L	T	L	L	C	L	L	L	L	T	L	L	C	L	L	
Botrytis	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Sclerotinia	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Rhizoctonia	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Mollusques	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊
Big vein	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊

Sur l'ensemble des cultures de laitue les **maladies cryptogamiques** sont maîtrisées. Il y a eu plus de dégâts (présence) sur les laitues du 2nd tour en 2014 et en 2017 juste avant la solarisation. **Botrytis cinerea** est le principal bioagresseur.

Le big vein, maladie des grosses nervures, virus transmis par *Olpidium virulentus*, un champignon tellurique est présent sur cette parcelle depuis 2004. Il est maintenu au même niveau qu'au démarrage du dispositif (au maximum 9 % des plantes touchées en 2013).

L'**indice de nécrose racinaire** (INR) qui traduit la pression du pool des bioagresseurs telluriques sur le système racinaire est mesuré aussi sur laitue à partir de 2014 ; période à partir de laquelle des hétérogénéités de croissance deviennent importantes. Les INR moyens sont faibles (2,1) sur une échelle de 0 à 10, sauf sur les laitues les plus éloignées de la solarisation. Les dégâts liés aux **mollusques** sont en très forte augmentation et touchent les deux cultures depuis 2014. Les principaux bioagresseurs sont *Pyrenochaeta lycopersici*, *Rhizoctonia solani* et *Colletotrichum coccodes*.



R1 : 1^{er} tour, R2 : 2^{ème} tour

> Performances environnementales

La **protection** contre les **bioagresseurs telluriques** représente 27 % des applications effectuées. 67 % sont réalisées avec des produits de biocontrôle. Le reste des traitements vise les bioagresseurs aériens.

Les **adventices** pérennes (liseron et chardon) se sont installées sur la parcelle au fil des cultures. Elles apparaissent en bords de tunnel, zones limite de positionnement de la bâche de solarisation. Des interventions chimiques ont été faites en localisées en 2014, 2015, 2016 et en plein en 2017 avant la solarisation. Au total 3,2 IFT chimiques y ont été consacrés.

> Performances agronomiques

Les **rendements commercialisables** des cultures d'été sont corrects. Les critères de déclenchement d'une récolte de laitues en un chantier unique est l'atteinte du poids minimum de 320 gr. Les rendements commercialisables obtenus sous ces contraintes sont faibles. Cette parcelle mise en culture en 1999 présente au fil des ans des problèmes d'hétérogénéité de croissance des plantes. Cette situation induit une hétérogénéité des plantes à la récolte et ainsi un pourcentage élevé de « petites » (dernière ligne du tableau ci-dessous). Depuis 2014 les attaques des mollusques viennent aussi pénaliser ces résultats.

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

Espèce	2012		2013			2014		2015			2016			2017		satisfaction globale sur les 6 ans
	L	T	L	L	C	L	L	L	L	T	L	L	C	L	L	
Rdt brut	13,3	13,6	13,8	13,6	17,5	13,8	13,5	13,6	13,8	14,8	13,9	13,8	14,1	13,2	12,2	😊
Rdt commercialisable	11,4	11,1	0,8	7,8	12,8	5,5	9,6	6,3	10,4	13,3	8,8	10,2	11,8	5,3	6,5	😊
% déchets	14%	18%	94%	43%	27%	60%	29%	54%	25%	10%	37%	26%	17%	60%	47%	😊
dont plantes <320gr	10%		91%	40%		58%	16%	50%	22%		36%	9%		53%	10%	😊

L : Laitue, T : Tomate, C : Concombre, p/m² = pièce par m²



Zoom sur la protection phytosanitaire des laitues

La problématique des bioagresseurs telluriques est gérée : à l'échelle du système de culture par l'introduction d'une solarisation tous les 3 ans et à l'échelle de chaque culture par la protection phytosanitaire, en combinant produits phytopharmaceutiques et de biocontrôle au fur et à mesure de leurs disponibilités.

Les **règles de décisions** qui régissent leurs usages **ont évolué** au cours du dispositif en fonction des résultats observés. Ainsi, en 2014 le 2nd tour a présenté des dégâts importants : 86 % de plantes touchées par *Botrytis*, 15 % par *Sclerotinia* et 7 % par big vein. Il a été choisi de prendre moins de risques sur les laitues du 2nd tour en stimulant les défenses naturelles des plantes en début de culture avec *Bacillus subtilis* et de renforcer la protection chimique en jouant sur l'alternance des familles de molécules jusqu'à mi cycle de culture. Le tableau ci-contre illustre cette évolution.

Evolution de la protection phytosanitaire contre *Botrytis* et *Sclerotinia* pour la laitue de 2nd tour

	Produit de biocontrôle	Produit chimique fongicide
Version 1 avant 2015	/	1 application 28 à 34 jsap avant atteinte 18 feuilles.
Version 2 depuis 2015	1 ^{ère} application 7 jsap 2 ^{ème} application 14 jsap	3 ^{ème} application 21 à 24 jsap 4 ^{ème} application 28 à 23 jsap

jsap : nombre de jours après plantation

Transfert en exploitations agricoles



Ce dispositif ne prétend pas proposer des solutions clé en main et applicables à tous. Ce système de culture est une illustration d'un système maraîcher produisant une gamme restreinte de légumes frais sur une parcelle en maraîchage depuis 1999 et mobilisant des leviers alternatifs tels que la solarisation et les produits dits de biocontrôle. De cet essai, nous retenons plusieurs points à l'échelle pluriannuelle ainsi qu'à l'échelle d'une culture.

A l'échelle du système et de la succession culturale :

- il remplit ses objectifs agronomiques (contrôle des bioagresseurs, notamment maladies cryptogamiques et maîtrise de l'usage des produits phytopharmaceutiques) mais il faut adapter les modalités de gestion des maladies en fonction du positionnement de la salade : 1^{er} tour ou 2nd tour ;
- compte tenu des exigences économiques sur la production de salades, il comporte une faiblesse pour produire de manière stable selon les standards de commercialisation (homogénéité, poids minimal, volumes, absence garantie de traces de ravageurs). Ceci peut être lié à l'hétérogénéité intrinsèque de la parcelle et aux calendriers culturaux que nous nous sommes imposés en salade (contraintes organisationnelles et expérimentales) ;
- le système ne semble pas contrôler à long terme le stock semencier d'adventices et présente des faiblesses vis-à-vis d'une forte pression mollusques ;
- les produits de biocontrôle sont à appliquer dans des conditions d'humidité, de température spécifiques à chacun, il est nécessaire de se rapprocher de firmes qui les commercialise pour les connaître.

A l'échelle d'une espèce et/ou d'une culture :

- il est possible d'adapter les niveaux de protection des laitues contre les maladies cryptogamiques telluriques en fonction du tour. La culture d'automne bénéficie de conditions défavorables pour les champignons (hygrométrie et humidité de sol) et d'un cycle plus rapide. La protection phytosanitaire peut-être allégée.

Pistes d'améliorations du système et perspectives



Le système T5 « Plus de risques » a été conçu et expérimenté en mobilisant les produits de biocontrôle disponibles et ses règles de gestion des maladies en salades ont évolué sur la base des observations fines faites culture après culture par les expérimentateurs. Pour mieux apprécier le risque et guider les itinéraires techniques en fonction du positionnement (1^{er} ou 2nd tour, éloignement de la solarisation) et de la pression sanitaire effective, il serait nécessaire de travailler à des **outils aidant à la détection précoce de bioagresseurs** pour ajuster les stratégies, ainsi que des **outils** qui permettent de **vérifier au champ que les mécanismes attendus par les produits de biocontrôle sont à l'œuvre** (exemples : stimulation des défenses, réduction des sclérotés ...).

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 **Laure PARES**,
INRA Domaine expérimental Alénia
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.

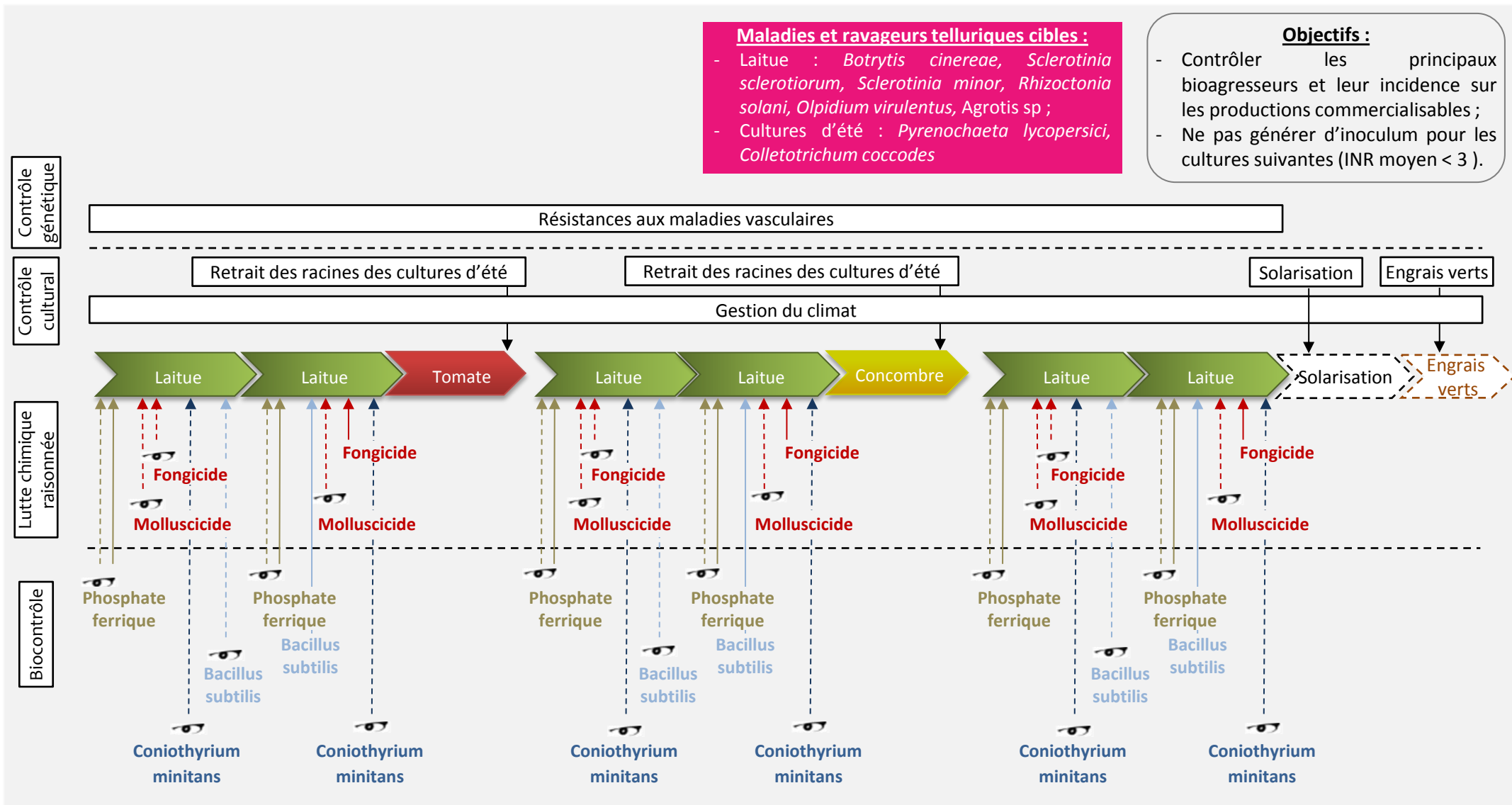


Tableau synthétisant les **principes d'action** et les **enseignements** des différents leviers :

Leviers	Principes d'action	Enseignements
Résistances aux maladies vasculaires	Utiliser des portes greffes résistants à <i>Pyrenochaeta lycopersici</i> pour la tomate.	Les INR ne sont pas plus élevés qu'au début du dispositif, levier non mobilisé afin de maintenir la durabilité des résistances.
Retrait des racines des cultures d'été	Sur les cultures d'été les systèmes racinaires sont enlevés pour ne pas laisser dans le sol des sources de contamination.	Pratique faisable lors de l'arrachage de la culture.
Solarisation	Désinfection thermique solaire non sélective qui permet d'éliminer tous les microorganismes sensibles à la gamme de température atteinte. Durée minimale sous abri : 45 jours.	Il est important d'avoir une montée en température très rapide pendant les 3 premiers jours pour une efficacité maximale sur le pourpier. Les deux étés de mise en place de la solarisation, l'enchaînement des cultures et les conditions climatiques ont permis d'atteindre à -10 cm plus de 500 heures à 40°C.
Engrais verts	Le couvert végétal de sorgho (à 50 kg/ha) vient piéger les nitrates du sol que l'on retrouve en concentration élevée (150 à 200 kg/ha/N-NO3) après la solarisation. Les laitues pousseront dans de meilleures conditions et seront moins sensibles aux pathogènes.	L'organisation du calendrier de culture laisse de la place pour enchaîner la solarisation et le sorgho. L'intérêt sur les maladies cryptogamiques telluriques des laitues n'a été vu qu'en 2015, seule année de testée. L'effet année climatique était peut-être plus important.
Gestion du climat	Maintenir des conditions défavorables aux maladies cryptogamiques, éviter l'eau libre et l'hygrométrie élevée.	L'aération est maximale après la reprise des plantes pour l'ensemble des cultures. Les ouvrants latéraux restent alors toujours ouverts, les faitages se ferment en cas de gel l'hiver. En automne et été les portillons sont ouverts en journée.
Lutte chimique raisonnée	Les règles de décisions prévoient l'utilisation de fongicides à action systémique sur les bioagresseurs telluriques après observation de symptômes au 1 ^{er} tour de laitue, cycle le moins risqué (résultat Prabiote) et en systématique 2 nd tour.	Il n'y a pas eu de traitement chimique sur les 1 ^{er} tour de laitue car aucun symptôme de maladie tellurique a été observé. L'utilisation en systématique de fongicides chimiques a été réalisée sur tous les 2 nd tours de laitue.
	Molluscicide en granulés	L'efficacité n'est pas suffisante en une application en cas de forte pression.
Biocontrôle	<i>Coniothyrium minitans</i> champignon antagoniste de <i>sclerotinia sclerotiorum</i> et <i>sclerotinia minor</i> dont il va détruire les formes de conservation : les sclérotés.	En cas de forte attaque, application avant enfouissement des résidus de culture ou avant le travail du sol de la salade suivante. L'humidité du sol en fin de culture de salade peut limiter cette application.
	<i>Bacillus subtilis</i> stimulateur des défenses naturelles des plantes.	Levier qui a été utilisé en 2 nd tour, la pression de <i>Botrytis</i> et <i>Sclerotinia</i> lors des 1 ^{ers} tours n'a pas nécessité son utilisation.
	Phosphate ferrique, destruction des limaces et escargots.	La protection qu'il assure n'est pas suffisante en cas de forte pression.



Systèmes racinaires de concombre.
Le central est nécrosé.
2016 – Crédit photo :
L.Parès INRA



Parcelle solarisée
2017 – Crédit
photo : L.Parès
INRA