



## Fusariose de la laitue

### Evaluation de différentes méthodes de protection contre la fusariose *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*



2018

Corinne PONS, Chambre d'Agriculture des Alpes-Maritimes - Justine GARNODIER, Ctifl / APREL – Catherine TAUSSIG, Elodie DERIVRY, Aurélie ROUSSELIN, Claire GOILLON, APREL.  
Essai rattaché à l'action 2018\_02197.

#### 1 – Thème de l'essai

##### 1.1 - Contexte scientifique et économique

La laitue est une espèce maraîchère d'importance, très largement consommée en Europe et notamment en France. La production de salade française représentait d'ailleurs 220 000 tonnes en 2017 pour une superficie de 18 000 ha environ, avec une majorité des volumes représentée par les laitues et dans une moindre mesure les chicorées (Eurostat). Il s'agit également du deuxième chiffre d'affaire sur le marché français des légumes après la tomate, et le premier chiffre d'affaire des légumes à l'export. La production de laitue est assurée 12 mois sur 12 grâce à deux modes de production complémentaires : la culture sous abri, de novembre à mai et la culture de plein champ, d'avril à novembre.

La pression des bioagresseurs fluctue selon les modes de culture, la saison et les types variétaux. Cependant, les principaux problèmes sanitaires sur la laitue sont liés à certains champignons pathogènes, en premier lieu le mildiou de la laitue (*Bremia lactucae*), puis les champignons responsables de pourritures du collet (*Sclerotinia* spp, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani*), ainsi qu'aux insectes ravageurs (pucerons, noctuelles) et aux vecteurs de virus (pucerons, thrips, *Ospidium*). Face à cette diversité de bioagresseurs, les producteurs mettent en place des stratégies de protection, principalement basées sur une lutte chimique préventive. Aussi, de nouveaux problèmes plus génériques font leur apparition au niveau du sol depuis plusieurs années. L'intensification des systèmes maraîchers, en lien avec la fatigue des sols, conduit à un développement de bioagresseurs tels que les nématodes, les virus (Big Vein, tache orangée) et les champignons comme la fusariose, qui colonise les vaisseaux de la plante et qui bloque la croissance des salades.

Causée par *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*, la fusariose est une maladie émergente qui affecte la production de laitues dans de nombreux pays à travers le monde. L'agent pathogène peut être transmis par les semences (Thomas et. al 2015), ce qui constitue un mécanisme probable de dispersion sur de longues distances. Localement, *F. o. lactucae* peut être déplacée entre les champs contaminés par du matériel agricole. Une fois établi, le pathogène est difficile à éradiquer, d'autant qu'il n'existe à ce jour aucune méthode de lutte, ni aucun produit, qui permette de contrôler cette maladie en cours de culture. Même s'il existe aujourd'hui une tolérance génétique qui commence à être développée dans certaines typologies de laitues, le pathogène reste un problème majeur dans les régions où il est très présent comme dans les Alpes Maritimes (Gilardi et. al 2017). D'autant plus que le développement des symptômes est fortement influencé par la température ambiante, avec des températures plus élevées qui entraîne une aggravation de la maladie. La situation est de plus en plus préoccupante en France, en effet une vingtaine de cas ont été identifiés depuis 2016 sur les principaux bassins de production français.

Les travaux d'expérimentation de l'APREL et de la chambre d'agriculture des Alpes Maritimes doivent permettre de répondre à ces enjeux stratégiques. Depuis 2016, le réseau d'expérimentation variétale multi-sites a permis d'établir une veille technique sur les nouvelles variétés de laitues tolérantes à ce bio-agresseur. De plus, des projets d'expérimentation sur des méthodes de protection alternatives contre le pathogène se sont également mis en place afin de répondre aux besoins des producteurs déjà touchés, et de prévenir le risque lié à l'expansion rapide de la maladie.

##### 1.2 - Etat de l'art et recherches bibliographiques

*Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* (*F. o. lactucae*) a été décrit pour la première fois par Matuo et Motohashi (1967) comme la cause de la pourriture des racines de la laitue (*Lactuca sativa*). La même forme spécialisée a été découverte dans la vallée de San Joaquin en Californie. Plus récemment, la fusariose de la laitue a également été signalée en Iran et Italie (Pasquali et al., 2005). La nature et l'étendue du développement des symptômes sont influencées par la sensibilité des variétés, la densité de l'inoculum dans le sol et la température ambiante.

Les symptômes peuvent être observés dès le stade six à huit feuilles et sont caractérisés par un retard de croissance, les feuilles plus âgées qui deviennent chlorotiques et / ou nécrotiques, et les plantes peuvent mourir avant que la culture n'arrive à maturité. Sur les racines, aucun symptôme externe n'est visible, en revanche, en interne, la racine pivotante est généralement boisée, et se dote d'une décoloration brune à rougeâtre (Thomas et Al., 2015). Plusieurs autres pathogènes, tels que *Verticillium dahliae*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *S. minor*, et *Botrytis cinerea* peuvent causer un retard de croissance et un effondrement de la laitue. Par conséquent, la fusariose est difficile à identifier. D'autant que la sévérité des symptômes observés dépend fortement de la variété et de la période de l'année durant laquelle les laitues sont cultivées.

Le diagnostic le plus fiable et le plus rapide de la maladie est basé sur des tests génétiques permettant d'identifier une séquence d'ADN spécifique qui peut être amplifiée en utilisant la technique de la PCR. Un tel test n'est pas nécessaire pour l'identification en routine de *F. o. lactucae*, mais est intéressant pour valider un premier diagnostic sur une parcelle (Pasquali et al. 2007).

La diffusion à l'échelle locale de la fusariose est principalement réalisée par la dissémination de sols infestés dans d'autres parcelles. D'autant que le pathogène est connu pour survivre dans les sols en jachère pendant au moins 2,5 ans après la dernière culture de laitue affectée par la fusariose (Scott et al., 2012). En outre, le pathogène peut aussi être présent dans le sol pendant une longue période avant qu'il atteigne des niveaux assez élevés pour provoquer la maladie. Par conséquent, le sol peut être considéré comme exempt de pathogènes alors qu'il est en fait contaminé. Pour cette raison, il est fortement recommandé de prendre des précautions sanitaires lorsque l'on passe d'une parcelle à l'autre, et de désinfecter le matériel agricole entre chaque travail du sol.

Une fois la parcelle infectée, la réduction du niveau d'infection doit passer par la modification de l'environnement du sol afin de diminuer la population de *F. o. lactucae* ou d'inhiber sa capacité à infecter les plantes. La biofumigation et la solarisation ont été signalées comme pouvant participer à la réduction de la densité de l'inoculum de *F. o. lactucae*. Par exemple, en Arizona, le projet Microplot a montré une réduction de 91% des symptômes pour des laitues semées sur un sol infesté par le pathogène et ayant été solarisé. Les températures moyennes du sol dans les parcelles d'essais solarisées étaient en moyenne à 48°C à 5 cm de profondeur, et ce durant une période d'un mois (Matheron et Porchas, 2010). Selon cette même étude, il n'y avait pas d'avantage significatif d'étendre la durée de solarisation à deux mois.

Basée sur cette étude, et sur les résultats des précédentes expérimentations réalisées par l'APREL, la solarisation d'un mois et la biofumigation pourraient être des options à étudier afin de limiter le développement de la fusariose dans les sols contaminés.

A ces méthodes alternatives s'ajoute la solution génétique qui peut être utilisée en complément. En effet, la sélection, avec l'obtention de variétés résistantes intermédiaires, constitue un levier supplémentaire dans la gestion de la fusariose.

### 1.3 – Contexte technique de l'essai

Depuis 3 ans, dans les Alpes-Maritimes, les producteurs sont confrontés à la problématique de la fusariose de la laitue, provoquée par le champignon *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*. Après des rencontres entre l'APREL, le CTIFL, l'INRA, la Chambre d'Agriculture des Alpes Maritimes et l'Université de Turin, une sélection de plusieurs méthodes de protection alternatives pour lesquelles des résultats d'efficacité intéressants ont été obtenus en Arizona et en Italie a été réalisée. Ces méthodes sont basées sur l'application de produit biofumigant et l'utilisation de la solarisation.

## 2 – But de l'essai

L'objectif est de réduire l'incidence de la fusariose de la laitue dans les parcelles infectées par ce bioagresseur. L'essai doit permettre de valider l'efficacité des méthodes sélectionnées et d'évaluer les meilleures combinaisons de méthodes pour parvenir à une réduction suffisante de l'agent pathogène permettant une production de salades dans de bonnes conditions.

## 3 – Facteurs et modalités étudiés

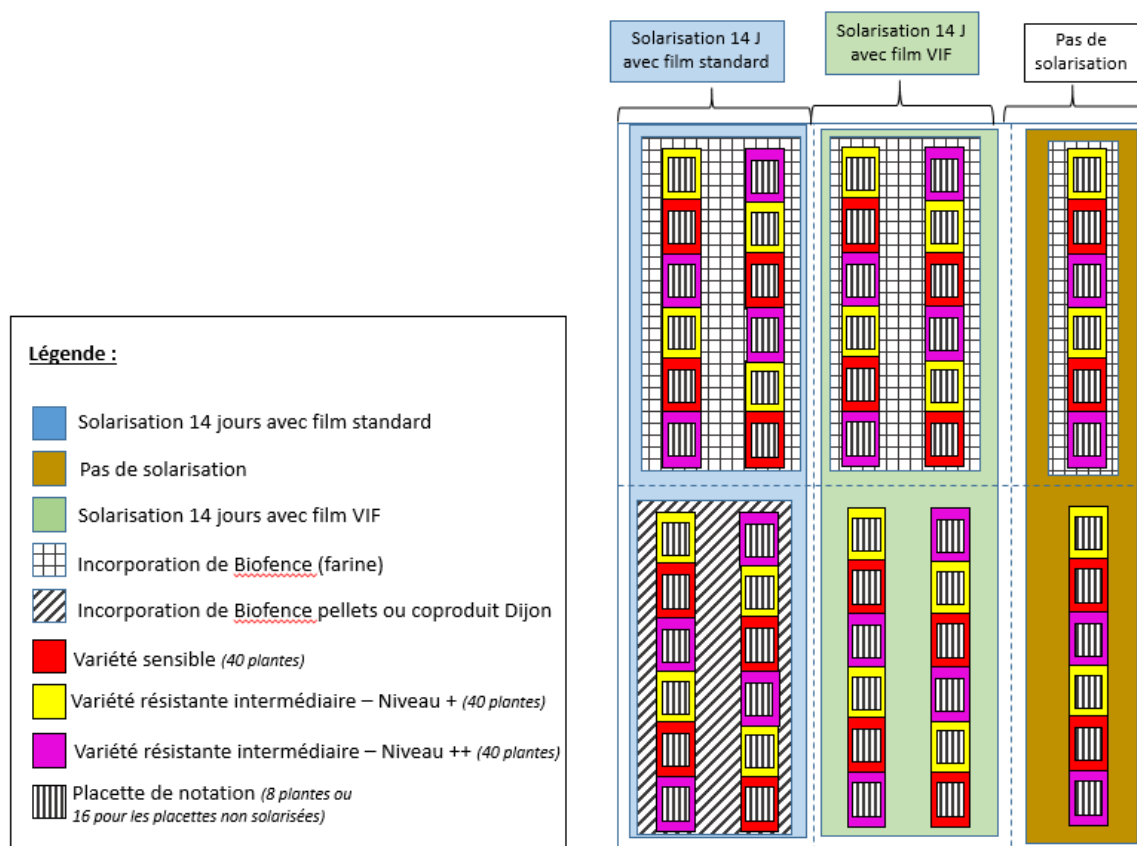
Plusieurs facteurs ont été étudiés dans ces expérimentations :

- Le **facteur solarisation**, la présence et l'absence de solarisation sera testée sur la parcelle expérimentale. D'après les résultats encourageants de 2017 c'est la durée de 14 jours, moins contraignante pour le producteur, qui a été mise à l'essai en 2018. Aussi, une partie de la parcelle ne sera pas solarisée et constituera le témoin.
- Le **facteur biofumigation**, avec une application de *Brassica carinata* (BioFence), dite moutarde d'Ethiopie ou moutarde Abyssinienne. Trois modalités ont été mises en place. Une modalité a été testée avec une application juste avant la solarisation de *Brassica carinata* à 250 g/m<sup>2</sup> sous forme de farine. La seconde modalité était constituée par l'application de *Brassica carinata* à 250 g/m<sup>2</sup> sous forme de pellets. Enfin, la dernière modalité était l'absence de bio-fumigation et constituait le témoin.

- Le **facteur film** de bio-fumigation : Deux types de films ont été testés, un film classique servant à la solarisation et un film VIF (Very Impenetrable Film) plus adéquat à la bio-fumigation : film barrière nommé DAF Solplast EVOH poly alcool de 35 µm.
- Le **facteur variétal**, trois variétés ayant des niveaux de tolérance différents ont été testées. La variété de batavia Vignole (Syngenta) avait été jugée sensible à la fusariose suite aux essais menés en 2017 dans les mêmes parcelles, et est choisie pour l'essai 2018 comme variété sensible. Pour la variété résistante intermédiaire évaluée en 2017 comme assez intéressante, la variété Goldorac, Fol1 (Gautier Semences) est choisie. Enfin, pour la variété résistante intermédiaire jugée comme très intéressante face à un niveau de pression élevé, la variété Loubressac, Fol1 (Seminis) est choisie.

#### 4 – Matériel et méthodes

- **Site d'implantation** : L'essai est mis en place sur une exploitation maraîchère produisant de la salade de plein champ à Gattières, dans les Alpes Maritimes (06). Cette exploitation est caractérisée par une pression élevée et homogène en fusariose sur les parcelles cultivées en salade depuis 2014.
- **Conduite de la parcelle** : Durant l'essai, la parcelle a été conduite par le producteur. En revanche, une attention particulière a été apportée à la gestion de l'irrigation. Après le plein en eau du sol réalisé au moment de la plantation des laitues, un suivi tensiométrique a permis de déterminer les besoins en eau de la culture. L'arrosage a été déclenché seulement si la tension du sol devenait trop élevée (>30 cbar à 20 cm de profondeur) et a été raisonné en fonction du stade de la salade.
- **Dispositif expérimental** (Figure 1) : Chaque placette d'essai était constituée de 40 plantes.



**Figure 1 : Schéma de la parcelle expérimentale**

- **Itinéraire technique de l'essai** : Afin de ne pas avoir des dates de plantation différentes entre les modalités testées et pour faciliter l'organisation sur le terrain, une solarisation de 14 jours a été effectuée dans chacune des modalités, sauf sur la modalité témoin. Toutes les plantations ont été effectuées le même jour. Pour que le sol sèche avant plantation, une durée de 12 jours a été laissée entre la fin de la solarisation/biofumigation et la plantation. Le producteur a utilisé, ensuite, un petit motoculteur à 10 cm de profondeur afin d'ameublir en surface le sol. Aucun paillage plastique n'a été appliqué au sol juste avant plantation.

**Tableau 1 : Calendrier de la mise en place de l'essai**

Date	12/07	20/07	26/07	6/08	11/09
<b>Itinéraire technique</b>	Début de la solarisation et incorporation de la moutarde	Semis des variétés à l'essai dans le projet	Arrêt de la solarisation :	Plantation sans paillage de 16h30 à 19h00	Récolte de l'essai



**Figure 2 : Photographie des différentes étapes de la mise en place de l'essai (1 : formation des planches puis plein en eau du sol jusqu'à 30 cm avant la pose du film plastique / 2 : Irrigation pour plaquer le film sur le sol 3 : Enlèvement du film plastique après 14 jours)**

• **Evaluation des différentes modalités :**

**Avant la plantation :**

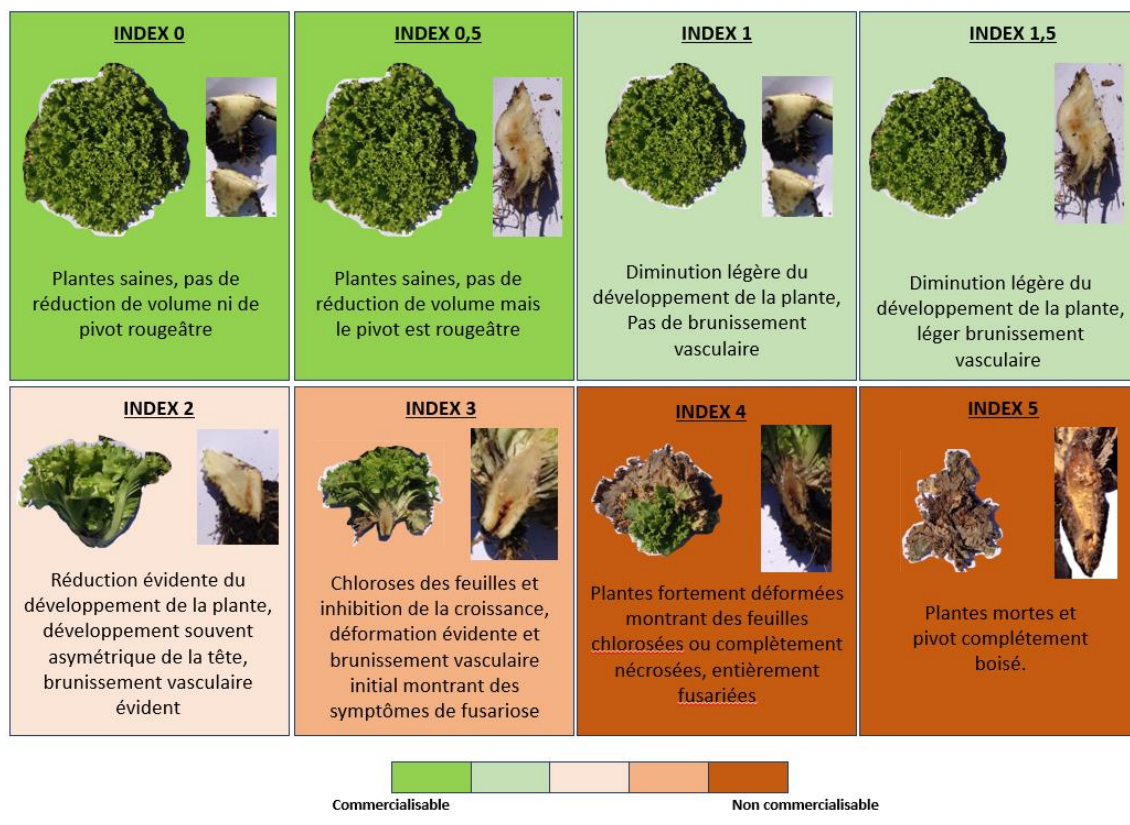
- Evaluation de l'efficacité de la solarisation par enregistrement de la température du sol sous la bâche à 15 cm avec un hobo équipé d'une sonde externe.
- Nitratest avant la solarisation et après la solarisation (avant la plantation de salade) dans les 3 parcelles du facteur solarisation

**Au cours de la culture :**

- Contrôle climatique : pose d'un enregistreur automatique (température et hygrométrie) type Hobo, dans chaque modalité.
- Estimation de l'état sanitaire tout au long de la culture.
- Un nitratest en cours de culture en distinguant l'apport de Biofence.
- Notation des interventions du producteur.

**A la récolte, sur les 4 placettes de 6 salades par modalité et par variété (12 salades pour les parcelles non solarisées) :**

- Poids moyen d'une laitue après parage.
- Qualité agronomique et sanitaire des laitues.
- Intensité des attaques : Pour l'ensemble des modalités évaluées les observations consistent à noter sur les salades de chaque placette le degré d'attaque de la fusariose, le nombre de plantes mortes et le nombre de plantes fusariées. Pour cela, un index basé sur les travaux de l'Université de Turin a été utilisé (Figure 3).



**Figure 3 : Index de notation des plants vis-à-vis de l'intensité des attaques**

## 5 - Résultats

Pour éviter les contaminations croisées avec le travail du sol, la plantation a été réalisée sans pose de paillage. Comme les conditions météorologiques furent très chaudes, cette plantation a été réalisée à partir de 16h30 le 6 Août 2018, la reprise des plants s'est faite à 100%.

Les 1ers symptômes de fusariose sont apparus autour du 16/08, soit 10 jours après plantation.

### 5.1 Mesures nitrates

Les mesures ont été effectuées le 31/07/18 (soit 5 jours après solarisation) et le 07/09/18 après la récolte. Deux orages ont eu lieu les 1 et 02/09/18, ce qui a pu entraîner un lessivage des nitrates avant la deuxième mesure

Aucun apport n'a été réalisé avant la plantation.

**Tableau 2 : Résultats des deux nitrates effectués au cours de l'essai**

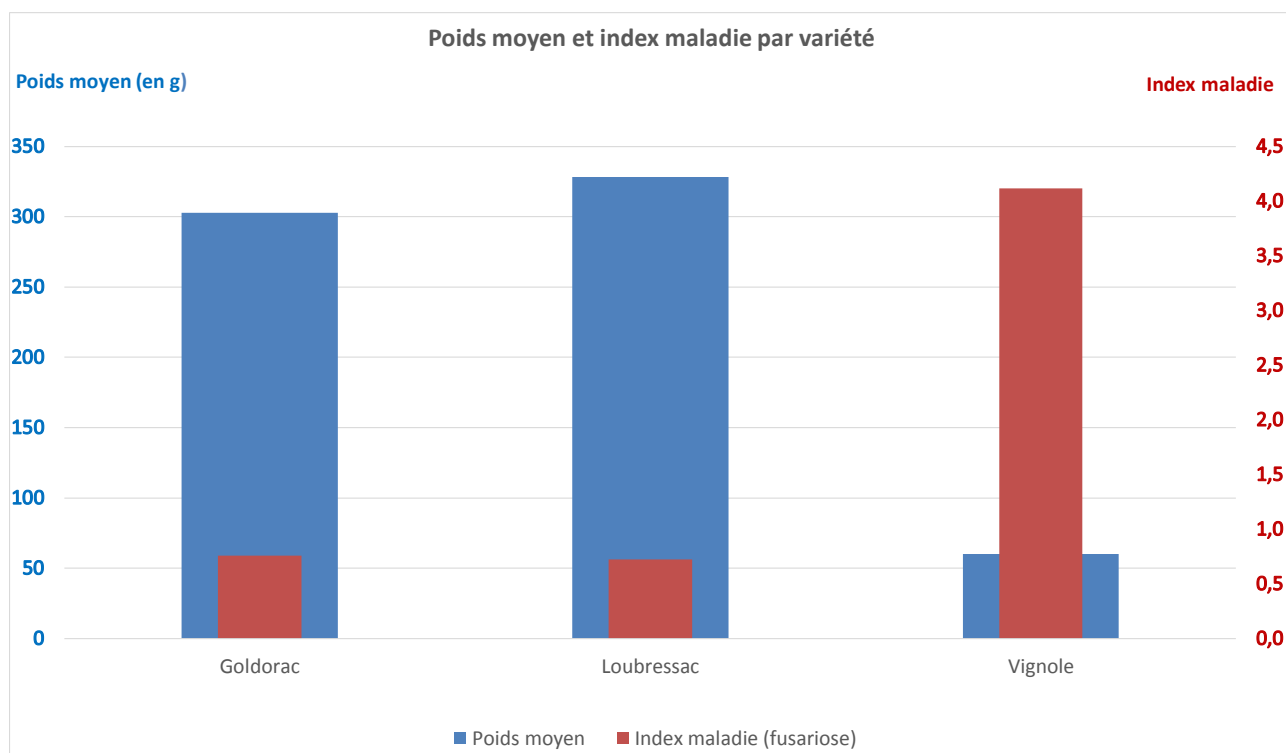
	Nitrate au 31/07		Nitrate au 7/09	
	NO <sup>3-</sup>	NO <sup>2-</sup>	NO <sup>3-</sup>	NO <sup>2-</sup>
Témoin non solarisé	100	0	10	0
Bio Fence non solarisé	90	0	0	0
Bio Fence Farine + film standard	90	traces	0	0
Bio Fence Granulés + film standard	75	traces	25	0
Bio Fence Farine + film VIF	75	traces	0	0

On constate que lorsque l'on est en conditions anaérobiques (avec du film plastique), on retrouve des traces de nitrites dans le sol avant la plantation. Ceci pourrait expliquer les légers blocages des plantes observés sur ces modalités. En fin de culture, il ne reste peu ou plus de nitrates dans le sol.

## 5.2 Facteur variété

**Tableau 3 : Résultats des index fusariose et des poids moyen selon les variétés de l'essai**

Variété	Obtenteur	Sensibilité à fusariose 0 : résistante 5 : sensible	Poids moyen paré (en g)
Goldorac	Gautier Semences	0,8 (a)	303 (a)
Loubressac	Seminis	0,7 (a)	328 (b)
Vignole	Syngenta	4,1 (b)	60 (c)



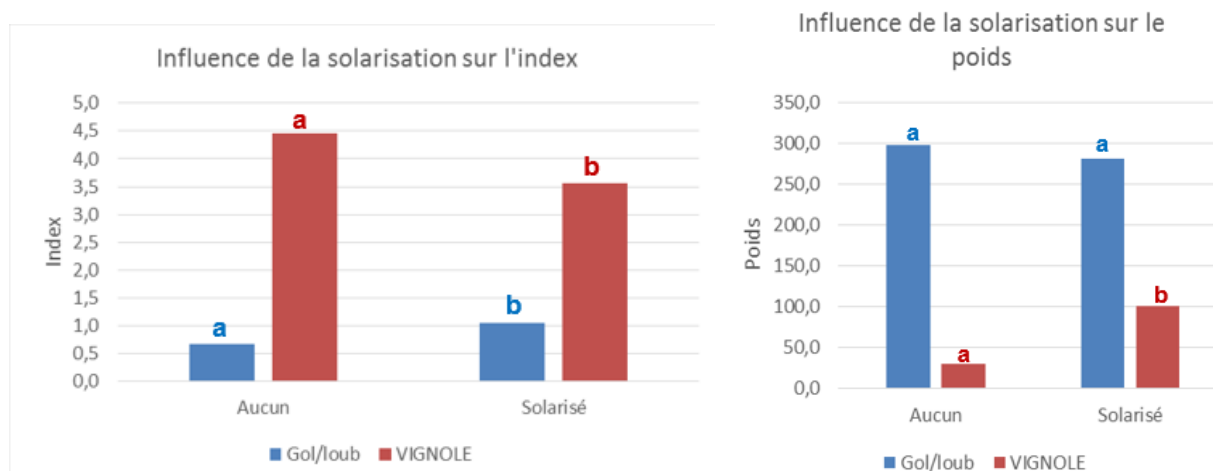
**Figure 4 : Diagramme en barres de l'index fusariose et du poids moyen paré vis-à-vis du facteur variétal**

Des différences significatives sur le poids sont observées entre les trois variétés de l'essai. On remarque que Loubressac et Goldorac sont commercialisables, alors que Vignole ne l'est pas. Cela confirme le choix d'utiliser des variétés résistantes intermédiaires portant le gène Fol 1.

La différence de poids observée entre Goldorac et Loubressac n'est une différence liée à la pression du ravageur, mais liée à la variété. En effet, sur un essai en condition saine sur le même créneau une différence de même ordre a été observée.

Concernant l'index fusariose, on ne remarque pas de différences significatives entre les deux variétés résistantes intermédiaires, en revanche, la variété Vignole n'est pas commercialisable en raison de la virulence du pathogène.

### 5.3 Facteur solarisation

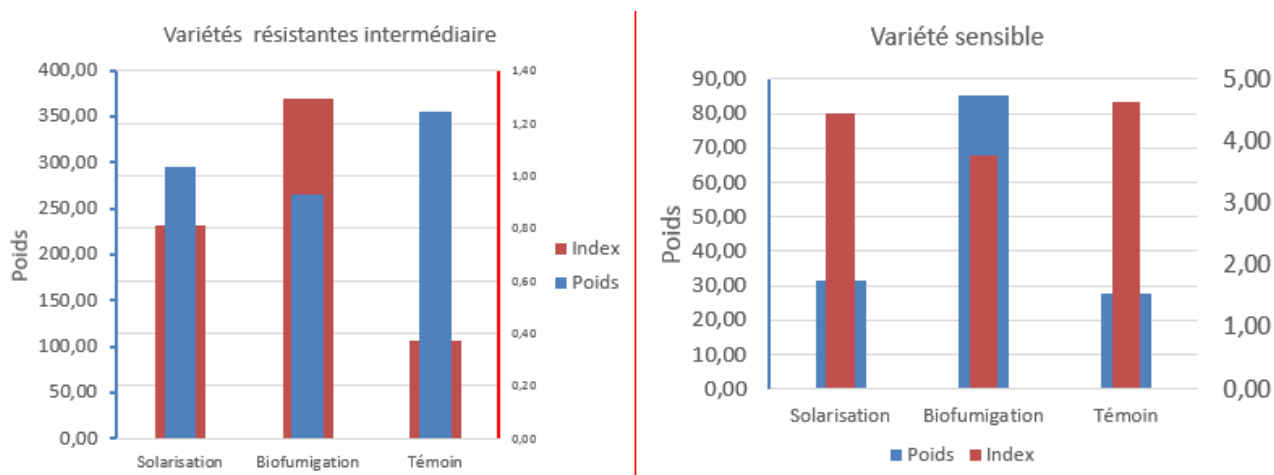


**Figure 5 : Diagrammes en barres de l'index fusariose (gauche) et des poids parés (droite) par rapport au facteur solarisation (les lettres indiquent les appartenances aux groupes statistiques pour chaque groupes de variétés - rouge = sensible - bleu = résistantes)**

La figure 5 montre un intérêt négatif de l'utilisation de la solarisation sur les variétés résistantes intermédiaires. Cet effet est toutefois de faible amplitude. Il est attribué à un blocage des plants sur ces modalités en raison de la présence de nitrates à la plantation suite à la solarisation.

Pour Goldorac et Loubressac, la résistance intermédiaire se suffit à elle-même pour produire des laitues commercialisables. En revanche, pour Vignole, des effets bénéfiques significatifs de la solarisation sont observés sur les poids et sur l'index fusariose. Malgré tout, la solarisation ne permet pas d'obtenir des laitues commercialisables dans le cas de l'utilisation d'une variété sensible.

### 5.4 Facteur biofumigation

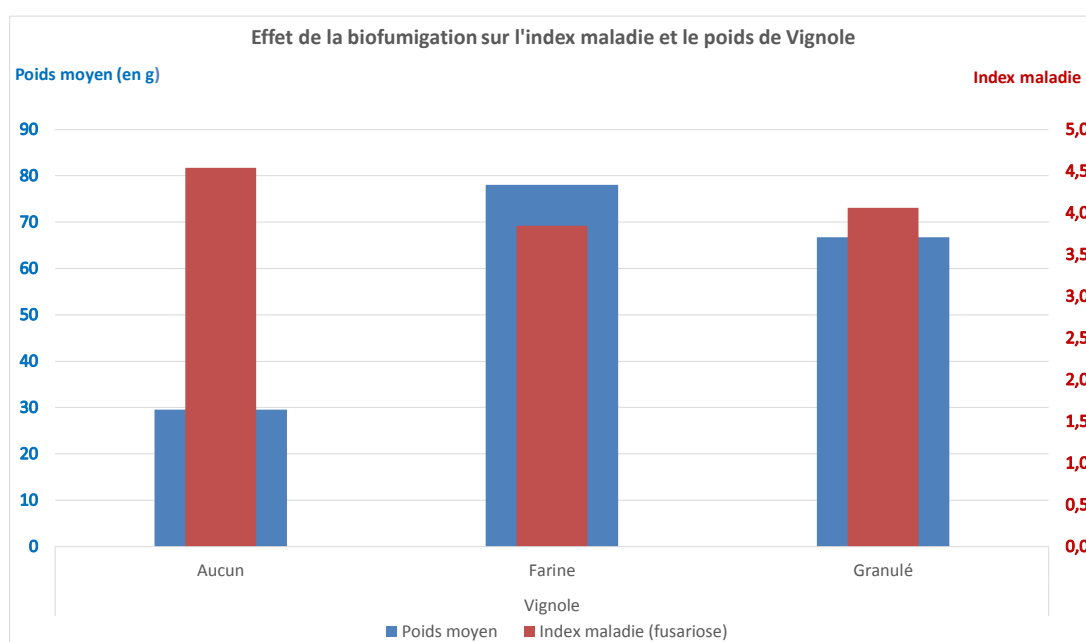


**Figure 6 : Diagramme en barres de l'index fusariose et des poids parés par rapport au facteur biofumigation, pour la variété sensible (droite) et les variétés résistantes intermédiaires (gauche)**

Pour les variétés résistantes intermédiaires, la biofumigation et la solarisation sont moins intéressantes que le témoin puisqu'elles ne permettent pas de gain de poids et entraînent une augmentation de la valeur de l'index fusariose. En revanche, pour les variétés sensibles, la biofumigation permet un gain de poids considérable en termes de poids. En revanche, l'index montre que l'incidence de la maladie reste importante. Dans le cas de l'utilisation de variétés sensibles, cette technique ne permet pas de produire des batavias commercialisables.

**Tableau 4 : Résultats de l'index fusariose et du poids paré par rapport au type de formulation du Biofence utilisée**

Modalité	Sensibilité à fusariose 0 : résistante 5 : sensible	Poids moyen paré (en g)
Farine	3,8 (b)	78 (b)
Granulé	4.1 (b)	67 (b)
Aucun	4.5 (a)	30 (a)



**Figure 7 : Diagramme en barres de l'index fusariose et du poids paré par rapport au type de formulation du biofence utilisée**

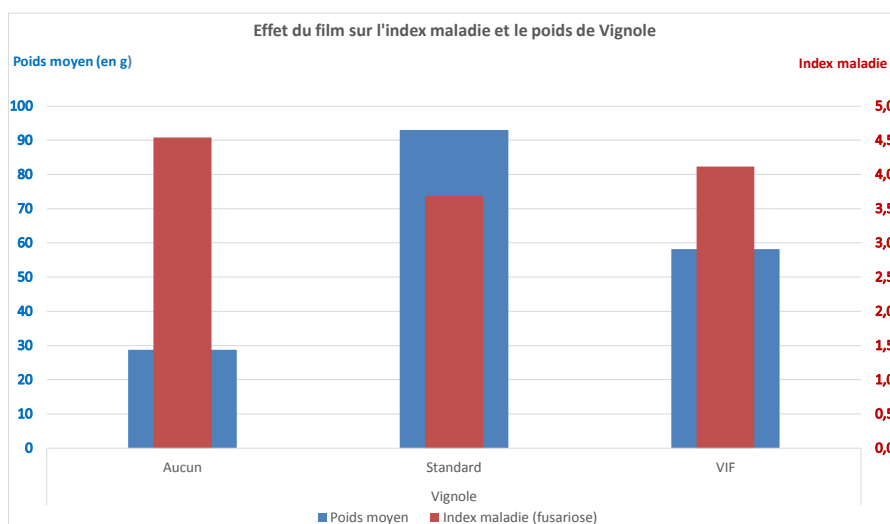
On remarque pour la variété sensible l'effet bénéfique à utiliser du Biofence dans le cadre de la biofumigation. En revanche, aucune différence significative n'est constatée entre la formulation en granulés et la formulation en farine quant aux effets sur la fusariose de la laitue. La seule différence visible entre les deux modalités réside dans les reliquats d'azote à la récolte, où la modalité en granulés présente 25 unités après la récolte alors qu'il ne reste plus rien dans les autres modalités. On peut poser l'hypothèse d'une minéralisation plus lente de l'engrais de moutarde (biofence) lorsqu'il est en granulés.

## 5.5 Facteur film

**Tableau 5 : Résultats de l'index fusariose et du poids paré par rapport au type de film utilisé**

Modalité	Sensibilité à fusariose 0 : résistante 5 : sensible	Poids moyen paré (en g)
Standard	3,7 (b)	93 (b)
VIF	4,1 (a)	58 (a)
Aucun	4,5 (a)	29 (a)





**Figure 8 : Diagramme en barres de l'index fusariose et du poids par rapport au type de film utilisé**

Dans le cas de l'utilisation de variétés sensibles, et dans les conditions de l'essai, le film VIF n'a pas montré d'intérêt, puisqu'il ne permet pas de diminuer significativement l'index maladie par rapport à l'absence de film. A contrario du film standard, il ne permet pas non plus une augmentation significative du poids des salades.

## 6 - Conclusions

En cas de pression forte du pathogène, la résistance intermédiaire se suffit à elle-même pour obtenir un produit commercialisable. Cependant, cette pratique entretient l'inoculum du sol, et ne permet pas de faire diminuer la pression du pathogène dans le sol. De fait, l'utilisation de variétés de ce type est une solution intéressante à court terme. A long terme, les rotations salades sur salades avec des variétés Fol1 risquent d'entraîner une augmentation des populations de *Fo lactucae* qui rendrait insuffisante la résistance intermédiaire. Cette augmentation de la pression risque également d'entraîner l'apparition de nouveaux isolats qui pourraient contourner la résistance intermédiaire.

Dans le cas d'utilisation de variétés sensibles, la solarisation de 14 jours ainsi que la biofumigation ne permettent pas d'obtenir un résultat aussi marqué (= produit non commercialisable) qu'une résistance intermédiaire. En revanche, des effets bénéfiques ont toutefois été observés et ces résultats devront être approfondis pour aller plus loin dans les préconisations aux producteurs infestés par le pathogène. Une attention particulière quant au suivi de la présence des nitrites aux suites du retrait de la bâche devra être apportée.

Renseignements complémentaires auprès de :

J GARNODIER, Ctifl / APREL, 13210 St Rémy de Provence, tel 04 90 92 39 47, garnodier@ctifl.fr

C. PONS, CA06, 06296 Nice Cedex 3, tel 04 93 18 45 00, cpons@alpes-maritimes.chambagri.fr

Action A241

Réalisé avec le soutien  
financier de :

