

Réalisé dans le cadre du projet Interreg IV 'Echanges transfrontaliers pour le Maraîchage et la culture de fraise, favorisant les Méthodes Alternatives' (2012-2014)



GUIDE PRATIQUE

sur la protection intégrée des légumes et des fraises

Effectué dans le cadre du programme transfrontalier Interreg IV France/Wallonie/Flandre, avec le soutien du Fonds Européen de Développement Régional, du Conseil Régional Nord Pas-de-Calais et de la Province de Flandre Orientale.





Partenaires :



Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen vzw (PCG)
Karreweg 6, B-9770 KRUISSHOUTEM, Belgique
T 0032(0)9 381 86 86 - F 0032(0)9 381 86 99
www.pcgroenteteelt.be
Auteurs : Sara CRAPPE, Annelien TACK



Inagro
Ieperseweg 87, B-8800 RUMBEKE-BEITEM, Belgique
T 0032(0)51 27 32 00 - F 0032(0)51 24 00 20
www.inagro.be
Auteurs : Simon CRAEYE, Sofie DARWICH, Tania DE MAREZ, Sabien POLLET



Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles (FREDON) Nord Pas-de-Calais
265, rue Becquerel - BP 74, 62750 LOOS-EN-GOHELLE, France
T 0033(0)3 21 08 62 90 - F 0033(0)3 21 08 64 95
www.fredon-npdc.com
Auteurs : Laetitia DURLIN, Sophie QUENNESSON, Virginie DAHINGER, Charlotte CENIER, Sandrine OSTE



Chambre d'Agriculture de Région Nord Pas-de-Calais
Cité de l'agriculture, 56 avenue Roger Salengro, 62223 SAINT-LAURENT-BLANGY, France
T 0033(0)3 21 52 48 36 - F 0033(0)3 21 26 22 58
www.agriculture-npdc.fr
Auteurs : Florine DELASSUS, Frédéric DUMORTIER, Florence COULOUMIES, Faustine SIMEON, Ludovic VASSEUR



Pôle Légumes Région Nord
209, route d'Estaires, 62840 LORGIES, France
T 0033(0)3 21 52 48 36 - F 0033(0)3 21 26 22 58
www.agriculture-npdc.fr
Auteurs : David GREBERT, Dominique WERBROUCK



Remerciements

Les partenaires remercient les financeurs et les professionnels qui ont mis à disposition leurs parcelles pour la mise en œuvre des actions du programme EMMA.

Les partenaires remercient également Stéphanie BLONDEL, Eline BRAET, Sophie BROUARD, Saskia BUYSSENS, Danny CALLENS, Nathalie CAP, Lucien CULIEZ, Bart DECLERCQ, Séverine DECRESSAIN, Martine DEGUETTE, Lieven DELANOTE, Luc DE REYCKE, Pauline DEWAEGENEIRE, Jessie DOURLENS, Damien HELLE, Catherine LANGUE, Karine LELEU-WATEAU, Caroline MILLEVILLE, Karine PETIT, Christelle PONITZKI, Aurore POREZ, Jordan SCHUPPE, Pieter VANHASSEL, Micheline VERHAEGHE et Anneleen VOLCKAERT pour leur contribution apportée durant la réalisation du programme EMMA.

Introduction

Les problèmes auxquels les agriculteurs sont confrontés des deux côtés de la frontière franco-flamande sont d'autant plus préoccupants que les exigences réglementaires, commerciales, environnementales et sociétales sont de plus en plus strictes en terme de protection des cultures. Par exemple, l'usage de certains produits ayant une influence sur les abeilles a été soumis à des restrictions ; la grande distribution exige un niveau de résidus inférieur au niveau fixé par la loi, ce qui entraîne une limitation de l'usage de certains produits. Dans notre région transfrontalière, les politiques agricoles nationales tendent vers le même objectif : une réduction notable des intrants. Ainsi, le gouvernement flamand demande aux producteurs de produire d'ici 2014 selon les règles de l'IPM (Integrated Pest Management, soit la Protection Biologique Intégrée). En France, les nouvelles orientations se concentrent notamment autour du plan Ecophyto qui vise à réduire et améliorer l'utilisation des produits phytosanitaires. Pour nos deux régions, cela signifie que la priorité doit être donnée aux méthodes alternatives et que les produits chimiques doivent être utilisés seulement en dernier recours. L'épidémiosurveillance (observation) des cultures est indispensable pour favoriser cette conversion mais elle ne suffit pas à réduire les produits phytosanitaires : il est donc indispensable de créer de nouvelles références techniques pour aborder ce tournant crucial et répondre aux enjeux environnementaux d'aujourd'hui et demain.

Le projet EMMA vise principalement à promouvoir la production intégrée durable de légumes et de fraises dans la Flandre orientale, la Flandre occidentale et le Nord Pas-de-Calais. Ce type de culture est très exigeant en terme de qualité visuelle, de sécurité pour le consommateur.

Ce projet vise donc à **constituer un socle de références** répondant à la volonté de réduction notable des produits phytosanitaires pour les cultures légumières et la culture de fraises (grâce à un travail conséquent de compilation de travaux et méthodes y répondant) et à **élaborer des nouvelles références** pour répondre aux attentes en matière d'innovation et aux nombreuses questions restées sans réponse. Le projet s'appuie pour cela sur les compétences et les complémentarités des organismes porteurs mais également sur l'expérience des agriculteurs des deux côtés de

la frontière. Il s'agit d'améliorer la diffusion des connaissances, les échanges transfrontaliers et d'accroître les nouvelles références par la conduite de recherches.

Pour cela **trois grands axes** essentiels ont été développés :

- » Le **premier axe** est la réalisation d'un **guide pratique sur la protection intégrée** des légumes et des fraises. Ce guide comprend des méthodes alternatives et des actions préventives pour la lutte contre les principaux insectes et les maladies des légumes cultivés dans les 2 régions comme les poireaux, les choux, la laitue, les haricots et flageolets, les endives et la fraise.
- » Le **deuxième axe** correspond à la **recherche de nouvelles références** : mise au point de références techniques et de méthodes de production intégrée des légumes et fraises. Les thèmes d'études ont été définis en tenant compte des problèmes les plus préoccupants pour les producteurs, en particulier **les pucerons et les thrips**. Des techniques alternatives ont été ainsi étudiées dans ce programme et appliquées de manière innovante aux problématiques identifiées : l'implantation de bandes fleuries favorisant les auxiliaires prédateurs contre le puceron des racines d'endive, le piégeage massif et la protection biologique contre les thrips en culture de fraise, les produits d'origine naturelle contre le thrips du poireau, les plantes assainissantes contre la sclérotiniose du haricot... Des réunions d'échanges ont été privilégiées pour y associer les producteurs des deux régions.
- » Le **troisième axe** est nécessaire au bon déroulement du programme : il s'agit de la **coordination du projet**, du suivi administratif et des traductions.

Le projet EMMA est le résultat d'une collaboration entre 5 partenaires complémentaires: la FREDON (Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles Nord Pas-de-Calais), le PLRN (Pôle Légumes Région Nord), la CAR (Chambre d'Agriculture de Région Nord Pas-de-Calais), l'Inagro (Innovatief en Duurzaam Agrarisch Ondernemen) et le PCG (Provinciaal Proefcentrum voor de Groenteteelt Oost-Vlaanderen).

Sommaire

Introduction	2
La fertilisation raisonnée	5
La biodiversité et la protection biologique contre les ravageurs	11
Les méthodes de détection en cultures légumières et fraises	17
Les cultures intermédiaires : des couverts assainissants bénéfiques aux cultures suivantes	21
Les modèles de prévision en cultures légumières	29
Le désherbage mécanique	39
Les filets et le matériel de couverture	45
Mesures préventives contre les maladies et les ravageurs	51
Variétés tolérantes en cultures légumières, un levier agronomique pour limiter les produits phytosanitaires	57
Un usage raisonnable des produits phytopharmaceutiques	69
La protection intégrée en maraîchage et culture de fraise	I
Calendrier carotte	II
Calendrier endive: champs	III
Calendrier endive: forçage	IV
Calendrier oignon, ail, echalote	V
Calendrier choux	VI
Calendrier poireau	VII
Calendrier haricot	VIII
Calendrier petits pois	IX
Calendrier salades	X
Calendrier fraise pleine terre sous abris	XI
Calendrier fraise pleine terre plein air creneau de production: saison	XII
Calendrier fraise hors sol sous abris non chauffés creneau de production: saison	XIII
Calendrier fraise hors sol sous abris non chauffés creneau de production: remontante	XIV

La fertilisation raisonnée

Introduction

Il est de notoriété publique qu'une plante ne peut se développer correctement sans un apport en nutriments approprié et équilibré. C'est pourquoi il est important que tous les macro- et micronutriments soient présents en quantité suffisante et disponibles pour la plante cultivée. Dans ce cadre, la fertilisation du sol s'avère nécessaire pour garantir le bon développement de la culture. Surtout dans un système agricole intensif comme celui d'Europe occidentale, où bien souvent, plusieurs cultures par an sont récoltées sur la même parcelle. Il existe plusieurs types d'engrais sur le marché pour amender les cultures. On en distingue deux groupes principaux : les engrais organiques et les engrais minéraux. La manière d'épandre l'engrais peut aussi fortement varier, allant de l'épandage à la volée à la fertilisation localisée, en passant par l'épandage en ligne. Cette thématique sera abordée plus en détail dans les paragraphes suivants.

Les nutriments du sol

Au cours de la culture, les plantes prélèvent des substances nutritives dans le sol. Il va de soi que lors de la récolte, des nutriments sont exportés en même temps que le produit récolté. Si ces substances nutritives ne sont pas remplacées avant la culture suivante, le sol finit par s'épuiser. Les besoins en nutriments sont spécifiques et différent d'une culture à l'autre. Ainsi, certaines plantes ont d'énormes besoins nutritifs, comme la famille des choux qui produit énormément de feuilles vertes. À l'opposé, d'autres cultures ont des besoins plutôt faibles, comme les carottes, pour lesquelles un excès d'azote s'avère même néfaste. Enfin, certaines cultures sont à mi-chemin entre les deux, comme c'est le cas du blé.

La loi du minimum

Une plante ne peut avoir une croissance et un développement optimums que si elle peut prélever suffisamment d'éléments nutritifs essentiels. Ceux-ci doivent être présents en quantité suffisante et dans les bonnes proportions dans le tissu végétal. Les éléments nutritifs indispensables pour une plante peuvent être répartis en deux grands groupes, selon la quantité de ces éléments dont la plante a besoin. Le premier groupe, celui des macronutriments, est composé d'azote (N), de phosphore (P), de potassium (K), de carbone (C), d'hydrogène (H), d'oxygène (O), de magnésium (Mg), de soufre (S) et de calcium (Ca) dont les plantes ont besoin en fortes concentrations. Par contre, les micronutriments ou oligoéléments sont constitués de fer (Fe), de manganèse (Mn), de cuivre (Cu), de zinc

(Zn), de molybdène (Mo), de chlore (Cl) et de bore (B), dont seules de faibles quantités sont nécessaires. Bien que les oligoéléments ne soient prélevés qu'à petites doses par les plantes, toute carence d'un de ces éléments peut provoquer un retard de croissance et une baisse de rendement. C'est aussi ce qu'on appelle « la loi du minimum » (Justus von Liebig, 1840). Selon cette loi, la croissance et le rendement d'une plante sont déterminés par l'élément assimilable dont la concentration dans le milieu est la plus faible : « le facteur limitant ». Cette « loi du minimum » est illustrée par le tonneau de Liebig (voir photo ci-contre), où chaque planche correspond à la quantité disponible d'un nutriment. L'élément présent dans la concentration la plus faible détermine le niveau jusqu'où le tonneau peut être rempli.



Les éléments nutritifs mobiles et immobiles présents dans le sol

Les nutriments qui se trouvent dans le sol peuvent être mobiles ou immobiles. L'azote, par exemple, est un élément mobile : il se dissout facilement dans l'eau et circule dans le sol grâce à l'humidité. L'azote est ensuite stocké dans les racines avec l'eau. La plante ne doit donc pas fournir trop d'efforts pour l'absorber. Très soluble dans l'eau, l'azote est donc particulièrement sensible au lessivage. Lorsqu'après une averse, l'eau de pluie pénètre dans le sol, l'azote présent est emporté par cette eau vers des couches plus profondes du sol. Il peut ainsi arriver que l'azote se retrouve hors de portée des racines et qu'il poursuive son lessivage en profondeur jusqu'aux nappes d'eau souterraines ou vers les eaux de surface. Par contre, il en va tout autrement pour le phosphore... Difficilement soluble dans l'eau, le phosphore est peu présent dans l'humidité du sol, mais plutôt fixé aux particules du sol. Les racines de la plante doivent donc pousser jusqu'au niveau du phosphore afin de pouvoir l'absorber. Le fait que le phosphore soit lié aux particules du sol rend cet élément nutritif beaucoup moins sensible au lessivage. Chaque sol a toutefois une capacité maximale de fixation. Si cette limite est dépassée, le phosphore devient sensible au lessivage. L'assimilation du phosphore par la plante est optimale lorsque celui-ci se trouve à proximité des racines.

Les types d'engrais

Les engrais organiques

Dans le groupe des engrais organiques, on retrouve l'engrais d'origine animale, le compost et d'autres sortes d'engrais d'origine organique. Non seulement les engrais organiques fournissent un apport en macronutriments (azote, phosphore et potassium), mais ils stimulent aussi l'accumulation de carbone dans le sol (ou le maintien de la teneur en carbone). Plus la fraction organique présente un rapport C/N élevé, plus l'engrais contribue à la stabilité de la teneur en azote dans le sol. Un sol riche en azote stable résiste mieux aux maladies, aux champignons, à la détérioration de la structure du sol et au lessivage des nutriments. Il présente aussi une meilleure minéralisation naturelle.

Les engrais d'origine animale

Notre système agricole est caractérisé par un surplus de fumier et de lisier. L'apport d'engrais organique permet au sol d'avoir un bon statut nutritionnel, contribue à l'accumulation de matière organique, augmente la teneur en humus et favorise la structuration du sol. Les substances nutritives présentes dans les engrais organiques ne sont pas toutes directement disponibles pour les plantes. Les composés organiques qui constituent l'engrais doivent d'abord être libérés par les microorganismes (bactéries et champignons) présents afin de se transformer en composés plus simples (de l'ammonium et du nitrate). L'azote fourni par l'engrais organique n'est donc pas immédiatement assimilable par la plante. Cela peut poser problème lorsque la plante a un besoin immédiat d'azote. De plus, il est difficile d'estimer à partir de quand les nutriments seront effectivement disponibles pour la plante. Cela dépend en effet de plusieurs facteurs comme l'humidité, la teneur en oxygène, le pH et la température du sol. Les nutriments des engrais organiques ne se libèrent pas nécessairement dans leur totalité pendant l'année d'épandage. Souvent, il s'en libère aussi lors de l'année suivante. Près de 60 % de l'azote contenu dans les engrais liquides (lisier de porc et de bovin) se libèrent au cours de la première année suivant l'épandage. Cette proportion est d'environ 30 % dans le cas du fumier solide de bovins.

Le compostage

Le compost est principalement utilisé pour sa teneur en carbone, plutôt que pour les nutriments qu'il renferme. Il existe différentes sortes de compostage. Un agriculteur peut faire lui-même son propre compost sur l'exploitation. On parle alors de « compostage agricole ». D'ordinaire, ce compost est réalisé à partir de matières issues de l'exploitation agricole. Lorsque du fumier est utilisé comme matière entrante, le compost doit respecter la réglementation en vigueur concernant la taille et le stockage des matières organiques d'origine animale. Le compostage agricole s'effectue habituellement en andains (c'est-à-dire sous la forme de longs tas étroits). Ces andains

sont formés de plusieurs couches qui doivent régulièrement être retournées, en fonction du pH, de la température et du taux d'oxygène.



Figure 1: Compostage agricole

D'autres sortes de compostage, comme le compost vert et le compost LFJ (Légumes, Fruits et Jardin) sont produites par des installations agréées. Le compost vert est uniquement issu des déchets verts de parcs, de jardins et d'espaces verts. Il comprend du bois de taille, des produits issus de la fauche de talus, des feuilles, etc. Il s'agit d'un compostage aérobie (à l'air libre). Quant au compost LFJ, il est constitué de légumes, fruits et déchets de jardin prélevés chez les citoyens. Cette forme de compost est généralement plus humide que le compost vert et génère souvent des odeurs désagréables lors de son traitement. Ce compostage est anaérobie : il s'effectue dans une installation fermée.

Les engrais verts



Figure 2: Parcelle d'essai avec plusieurs types d'engrais verts

Les engrais verts sont semés après la dernière récolte en été ou à l'automne. Mais ils peuvent aussi l'être au printemps, avant qu'une nouvelle culture ne soit implantée. Les engrais verts sont utiles à plus d'un titre. Par exemple, en occupant la terre, ils la protègent de l'érosion. Ils peuvent aussi stocker l'azote encore présent dans le sol après la dernière culture et le conserver durant tout l'hiver, le mettant ainsi à l'abri du lessivage. Les engrais verts sont incorporés dans le sol avant de semer ou planter la culture. Ils contribuent ainsi au maintien de la teneur en humus, à l'apport en matières organiques et donc, à la structuration du sol. Après l'enfouissement, l'azote

qui avait été fixé par les engrais verts durant la croissance de la plante, se libère progressivement sous l'effet de la minéralisation. Il peut alors servir pour la culture suivante. Plusieurs éléments doivent être pris en compte pour déterminer quelle sorte d'engrais vert est la plus appropriée. Tout d'abord, certains engrais verts sont sensibles au gel, alors que d'autres résistent au froid. Par ailleurs, le choix dépend aussi de la culture prévue après. Par exemple, il n'est pas judicieux de choisir un engrais vert appartenant à la même famille que la culture suivante (comme la moutarde blanche et le chou-fleur). Dans ce cas, l'engrais vert pourrait en effet servir de plante hôte pour les mêmes maladies que la culture principale, ce qui impliquerait le maintien de ces maladies. À l'inverse, certains engrais verts ont la propriété de réduire l'impact des maladies ou des nématodes (voir fiche sur les cultures intermédiaires).

Les résidus de culture

Les résidus de culture qui restent sur le champ après une récolte contiennent encore une grande quantité de nutriments (comme c'est le cas du chou-fleur). Ceux-ci peuvent être disponibles pour la culture suivante ou être lessivés durant l'hiver. Contrairement à certains engrais verts qui favorisent l'humification, les résidus de la récolte sont principalement des matières organiques instables à minéralisation rapide qui ne contribuent pas à l'accumulation de carbone dans la parcelle.

Les engrais minéraux

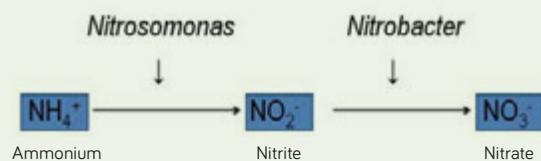
Les engrais minéraux (ou « engrais chimiques ») sont produits par synthèse chimique. Les substances nutritives sont bien plus concentrées dans les engrais minéraux que dans les engrais organiques. Il est donc possible de travailler avec de plus petits volumes. Avec les engrais minéraux, la composition exacte de l'engrais est toujours connue et constante. Autrement dit, un produit donné aura toujours la même composition. Contrairement aux engrais organiques, les nutriments des engrais minéraux sont souvent rapidement disponibles pour la plante. Les engrais minéraux conviennent donc mieux en cas de besoin immédiat de nutriments. Parfois, il est toutefois préférable que les nutriments se diffusent plus lentement et qu'ils soient disponibles pour la plante pendant une durée plus longue. Ainsi, les plantes de petite taille n'ont pas encore de besoins nutritifs très importants. Les nutriments ajoutés lors de la plantation ou du semis risqueraient donc d'être perdus s'ils étaient disponibles trop vite. Pour résoudre ce problème, la formule de composition des engrais minéraux est adaptée de manière à ce que les substances nutritives soient libérées plus lentement. Ainsi, les engrais à base d'urée agiront plus lentement que ceux à base de nitrate car l'urée doit d'abord être transformée en ammonium puis en nitrate avant que l'engrais puisse être assimilé par la plante. Il existe aussi des engrais avec inhibiteur de nitrification (DMPP) qui ralentissent

le processus de transformation de l'ammonium en nitrate. Les plantes préfèrent absorber l'azote sous forme de nitrate, mais ce dernier est très sensible au lessivage lorsqu'il se trouve dans le sol. Afin de pouvoir être assimilé par les plantes, l'ammonium doit d'abord être transformé en nitrate dans le sol grâce au processus de nitrification. Les inhibiteurs de nitrification, qui peuvent être incorporés dans chaque grain d'engrais ou sous forme encapsulée, permettent de ralentir le processus microbien de nitrification. Les engrais qui, d'une manière ou d'une autre, sont disponibles dans le sol avec du retard, sont appelés « des engrais à libération lente ». Dans le cas des engrais enrobés, les nutriments (l'azote mais aussi le potassium) se libèrent de manière contrôlée sous l'effet de la température du sol. Un enrobage peut ralentir la diffusion des éléments fertilisants de différentes manières. Certains engrais encapsulés doivent d'abord se dissoudre dans l'humidité du sol avant que les nutriments puissent en faire de même, ce qui explique la lenteur de la diffusion. D'autres engrais sous forme encapsulée comprennent de minuscules pores par lesquels l'humidité du sol doit d'abord pénétrer avant que les agents fertilisants ne puissent se dissoudre dans la granule. Ces engrais sont appelés « engrais à libération contrôlée ».

Autre propriété des engrais minéraux : généralement, ils sont plus faciles à épandre de manière homogène sur le champ que les engrais organiques. Pour ce faire, il importe toutefois de bien ajuster l'épandeur d'engrais afin d'assurer une répartition homogène sur toute la parcelle. Il est aussi plus facile, en cours de saison, de réaliser une fertilisation complémentaire avec des engrais minéraux plutôt qu'avec des engrais organiques. Les engrais minéraux ont pour inconvénient de ne pas contribuer à la teneur en matières organiques du sol, contrairement aux engrais organiques. Voilà pourquoi, dans la pratique, les deux types d'engrais sont souvent utilisés de manière complémentaire.

La nitrification

La nitrification est le processus par lequel l'ammonium du sol est transformé en nitrite puis en nitrate. Pour ce faire, des bactéries du sol sont indispensables à chaque étape. Dans un premier temps, l'ammonium est oxydé en nitrite sous l'action de la bactérie nitrosomonas. Ensuite, le nitrite obtenu se transforme en nitrate grâce au nitrobacter. Ces bactéries sont toutes deux présentes dans un sol classique.



Les techniques d'amendement

L'agriculture moderne est caractérisée par une forte mécanisation des tâches. Il en va de même pour l'amendement des parcelles. Le marché regorge de techniques et de machines d'amendement. Certaines techniques présentent le meilleur potentiel lorsqu'elles sont utilisées dans des systèmes bien précis de culture. Il existe ainsi des techniques privilégiées pour la fertilisation de base, et d'autres, pour la fertilisation complémentaire. Chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients, tant sur le plan technique qu'en matière de facilité d'utilisation, de coût ou de respect de l'environnement. La législation en matière d'amendement, toujours plus sévère et dont les normes prévoient des taux d'engrais de plus en plus bas, contraint les agriculteurs à employer les engrais avec un maximum d'efficacité. D'ailleurs, l'utilisation rationnelle des engrais s'avère intéressante tant sur le plan économique qu'environnemental.

Le volume de terre dont une plante a besoin pour puiser les nutriments nécessaires durant sa croissance dépend du système racinaire de cette plante. Une plante à enracinement profond pourra puiser des substances nutritives plus en profondeur dans le sol qu'une plante à enracinement superficiel. Épandre de l'engrais à un niveau inaccessible pour les racines n'aurait donc aucun sens. Au début de la culture, le système racinaire de la plante est encore en plein développement, il n'est pas encore assez étendu. Il est donc important que les nutriments soient accessibles dans l'environnement immédiat de ce volume de racines limité. Les substances nutritives hors de portée des racines sont à ce moment-là inutiles et de surcroît sensibles au lessivage. Il est conseillé d'adapter le mode d'amendement de l'engrais au système et à la technique de culture, ainsi qu'à la plante cultivée.

Dans la partie suivante, une série de techniques d'amendement possibles est présentée. La liste n'est pas exhaustive.

L'épandage d'engrais organique



Figure 3: L'injection de fumier

L'épandage d'engrais organique sur un champ relève d'une réglementation spécifique. En Belgique, celle-ci doit son origine au fait que des émanations d'ammoniac peuvent se produire lorsqu'on épand par exemple du fumier à la surface du sol. Un tel type d'épandage en surface peut aussi être à l'origine d'odeurs nauséabondes. Pour l'éviter, il est conseillé d'enfouir immédiatement le fumier. Une autre option consiste

à injecter littéralement le lisier dans le sol. Le lisier se trouve ainsi directement enfoui, ce qui le rend beaucoup moins sensible à la volatilisation d'ammoniac et au ruissellement en surface en cas de fortes pluies. Une autre technique d'épandage d'engrais organiques est l'épandage en bandes par tuyau traîné, qui consiste à utiliser un système de tuyaux déposant le fumier en bandes sur le sol.



Figure 4: L'épandage en bandes par tuyau traîné

Dans cette technique, le réservoir d'engrais reste sur le côté de la parcelle et l'engrais est réparti sur le champ à l'aide de tuyaux tirés sur toute la surface de la parcelle. De ce fait, il n'est plus nécessaire d'amener une lourde « tonne à lisier » jusqu'au champ.

L'épandage d'engrais minéraux

L'épandage à la volée



Figure 5: L'épandage à la volée

De toutes les techniques d'amendement, l'épandage à la volée est sans doute la plus ancienne et la plus connue. Les engrais sont répartis sur le champ et ce, de manière homogène à condition que l'épandeur d'engrais ait été correctement réglé. L'épandage à la volée à l'aide d'un épandeur d'engrais reste la méthode d'amendement la plus courante. Elle est en plus facile à mettre en place et efficace. Les inconvénients de cette technique sont que l'amendement s'effectue sur la totalité de la parcelle et qu'il est difficile de fertiliser les bords de la parcelle sans gaspiller trop d'engrais ou porter atteinte à l'environnement. Deux aspects qui ont gagné en importance vu le contexte actuel où la qualité de l'eau doit être améliorée et les engrais sont de plus en plus chers. Dans le cas des graminées, l'épandage à la volée est fortement recommandé, les engrais étant garantis d'être à leur portée. Par contre, si un

autre système de culture est utilisé, il se peut que l'épandage à la volée ne soit pas le choix le plus judicieux. Lorsque, par exemple, la culture se trouve en butte ou en billon, une bonne partie des engrais risquent en effet d'être perdus si l'on utilise cette technique. Dans ce cas, les nutriments tombent entre les buttes, dans les creux, ou dans les sillons... Résultat, ils ne se trouvent plus à portée des racines et atterrissent sur des parties du sol qui restent souvent nues durant la culture. Une partie de ces substances nutritives sont donc perdues par volatilisation ou par lessivage. En vertu de la législation de plus en plus stricte en matière d'amendement des sols, seule une petite quantité d'engrais peut être administrée par culture. L'agriculteur a donc tout intérêt à épandre les engrais le plus efficacement possible. Des techniques alternatives d'amendement existent pour les cultures en butte, en billon, ...

L'épandage en bandes (pour les cultures sur buttes)



Figure 6: L'épandage en bandes

Cette technique d'amendement convient parfaitement aux cultures cultivées en butte ou en billon. Avec cette technique d'épandage en bande, les engrais sont uniquement disposés sur la largeur des buttes ou des billons. Vu que ces cultures se trouvent légèrement en hauteur, cela prend du temps avant que les racines soient suffisamment développées dans les couches de terre situées sous les buttes. L'engrais qui, dans le cas de l'épandage à la volée, serait tombé entre les buttes, est très sensible au lessivage. Mais l'épandage en bandes est le système idéal pour ces cultures, afin d'éviter de gaspiller les engrais. À quantités égales d'engrais dispersé, il y a davantage d'engrais à portée des racines via l'épandage en bandes plutôt qu'en adoptant l'épandage à la volée puisque l'épandage en bandes permet de disposer les engrais plus près des racines de la plante. L'épandage en bandes peut s'effectuer en montant un bac à engrais sur la machine qui fait tomber une dose d'engrais entre les lignes de plantation. La façon la plus simple de procéder à l'épandage en bandes sur une culture en buttes est de fertiliser le champ à la volée avant que les buttes ne soient formées. Le rassemblement de la couche supérieure du sol permet de concentrer les engrais dans la butte.

L'épandage en ligne

L'épandage en ligne est en fait une forme particulière d'épandage en bandes. Lorsque l'on procède à l'épandage en ligne, l'engrais est uniquement introduit dans les lignes de culture où il y a effectivement des plantations. En cas d'épandage en ligne, les bandes d'épandage sont tellement fines que l'on fertilise uniquement les lignes de culture. Les engrais sont donc épandus en ligne, tout près de la ligne de plantation. Il faut toutefois toujours veiller à ne pas abîmer les racines lorsque l'engrais est épandu à proximité directe. Une trop forte concentration d'engrais risquerait en effet de brûler les racines, ce qui, bien sûr, n'est pas souhaitable. L'épandage en ligne est une technique de fertilisation très avantageuse.



Figure 7: L'épandage en ligne

Pour la jeune plante, il est en effet particulièrement intéressant que les engrais se trouvent à proximité directe des racines. Cette technique est encore plus appropriée pour les éléments immobiles comme le phosphore vu que la plante devra fournir moins d'énergie pour rechercher du phosphore. L'épandage en ligne peut aussi bien se faire avec de l'engrais en granulés qu'avec des fertilisants liquides. Peu après la plantation, les engrais peuvent aussi être épandus par injection, au moyen de couteaux entre les lignes de culture.

La fertilisation localisée

La fertilisation localisée va encore plus loin. Avec cette technique, les engrais sont uniquement épandus dans les trous de plantation ou juste à côté. On ne retrouve donc plus d'éléments fertilisants entre les lignes ou entre les plantes. Chaque plante a ainsi une certaine quantité d'engrais dans son entourage immédiat. Ici encore, il faut faire attention à ne pas brûler les racines. La fertilisation localisée est surtout intéressante pour les cultures où les plants cultivés sont très éloignés les uns des autres. Dans le cas du poireau, par exemple, cette technique s'avère inappropriée car la distance séparant chaque plant de poireau dans la ligne de culture est très petite. L'épandage en ligne (par exemple juste après avoir planté les poireaux) est alors plus judicieux. La fertilisation peut être une bonne option pour des cultures comme celle du chou-fleur, caractérisées par une grande distance entre les lignes mais aussi entre les plants de chaque ligne.

Lorsque les plants sont encore jeunes et que leur système racinaire est donc limité, cette technique d'épandage permet de réduire les pertes d'engrais puisqu'elle dispose les éléments fertilisants à proximité de la plante et donc à portée des racines encore peu développées. Par contre, il est plus difficile de mécaniser ce mode d'épandage. Légèrement adapter la machine qui procède à l'épandage en bandes ou en ligne ne suffit généralement pas pour appliquer la technique de la fertilisation localisée: le résultat manquant de précision.

La fertilisation foliaire



Figure 8: Pulvérisation d'engrais foliaire

Outre les racines, les feuilles d'une plante peuvent aussi recevoir des nutriments. La fertilisation foliaire permet d'introduire les engrais directement au niveau des feuilles. On emploie cette technique lorsqu'une réaction rapide s'avère

nécessaire ou que la prise de nutriments via le système racinaire s'effectue difficilement (par exemple en cas de sécheresse). Les éléments nutritifs étant absorbés quatre fois plus efficacement via les feuilles que via le sol, de plus petites doses d'engrais permettent d'obtenir d'excellents résultats. La distance que doivent parcourir les nutriments entre les feuilles et l'endroit où l'engrais est requis (les feuilles ou les fruits) est bien plus courte que celle séparant les racines de ces parties de la plante. Les engrais foliaires sont toujours des fertilisants liquides que l'on pulvérise sur les feuilles de la même manière que les produits phytosanitaires. Les engrais foliaires sont d'ailleurs souvent appliqués en même temps que les produits phytosanitaires. Cette technique fonctionne mieux avec certaines plantes. Le chou-fleur, par exemple, est une plante sur laquelle on applique couramment une fertilisation foliaire (à base de bore). Cette plante a de grandes feuilles rattachées à la tige de manière assez verticale. Naturellement, la part d'engrais qui tombe à terre au lieu de pénétrer dans les feuilles peut toujours être absorbée via les racines. Il convient toutefois, lorsqu'on applique la fertilisation foliaire, de veiller à ne pas brûler le feuillage en évitant d'utiliser des concentrations d'éléments fertilisants trop élevées.

Pour aller plus loin :

- » Verhaeghe, M. 2012. « Boor in de Groenteteelt », Proeftuinnieuws 15
- » « Fosfor in de landbouwbodem », www.milieurapport.be (<http://www.milieurapport.be/nl/feitencijfers/milieuthemes/vermesting/nutrienten-in-de-bodem/fosfor-in-de-landbouwbodem/>)
- » « Voedingselementen voor de plant », www.vlm.be (http://www.vlm.be/SiteCollectionDocuments/bedrijfsadvies/BAS_FICHE_PLANTENVOEDING_web.pdf)
- » Kuikman, P. Schils, R. Van Beek, C. Velthof, G. 2010. « Nitrificatieremmers in de Nederlandse landbouw », Wageningen, Alterra, Alterra rapport 2016, 33 pages.
- » <http://edepot.wur.nl/136455>
- » http://www.vlm.be/landtuinbouwers/mestbank/aanwendenvanmest/emissiearme_aanwending/Pages/default.aspx
- » <http://lv.vlaanderen.be/nlapps/data/docattachments/praktijkijds-bemesting-meststoffen-groenbedekkers.pdf>
- » www.bodemacademie.nl

La biodiversité et la protection biologique contre les ravageurs

On évoque souvent la diversité du vivant au travers du terme biodiversité. On parle de « **biodiversité fonctionnelle** » lorsque celle-ci rend un service (épuration de l'eau, pollinisation,...). En agriculture, les producteurs s'intéressent plus spécifiquement à la diversité des organismes qui peuvent avoir une fonction positive dans les systèmes de production. Certains organismes vivants constituent des ennemis naturels des ravageurs et sont donc considérés comme des « auxiliaires » des cultures. Ce sont principalement des insectes, comme les coccinelles, mais aussi des acariens, des oiseaux, ... Lorsqu'ils ne sont pas présents ou présents en quantités insuffisantes sur les parcelles cultivées, ils peuvent être introduits sur les végétaux. On parle alors de **protection biologique par introduction**. Mais, dans de nombreux cas, il est aussi possible de préserver voire de favoriser les auxiliaires spontanément présents : c'est la **protection biologique par conservation**. On cherche alors

à renforcer la richesse biologique du site en améliorant le nombre et la diversité des espèces utiles présentes. Pour cela, les producteurs mettent en place des refuges hivernaux pour les insectes ou des nichoirs à oiseaux, et surtout réalisent des aménagements végétaux favorables aux auxiliaires, appelés **aménagements agro-écologiques**.



FREDON Nord Pas-de-Calais

Figure 1 : Mélange fleuri

La protection biologique par introduction d'auxiliaires

Différents modes d'actions

Les agents de lutte biologique sont couramment classés en trois catégories selon leur mode d'action :

Les prédateurs

Les prédateurs poursuivent et capturent leurs proies pour s'en alimenter. Au cours de leur développement, ces organismes peuvent se nourrir d'une multitude de ravageurs. Leur prédation n'est pas spécifique, c'est pourquoi leur spectre d'action est large. Les prédateurs sont des auxiliaires généralistes.

Protection biologique :

« Utilisation d'organismes vivants pour prévenir ou réduire les dégâts causés par les ravageurs aux productions végétales » (OILB - 1971)

Exemples d'auxiliaires prédateurs (tableau non exhaustif) :

Ravageur visé	Nature de l'auxiliaire	Auxiliaires	Stade de prédation de l'auxiliaire	Stade du ravageur consommé
Acariens : - <i>Tetranychus urticae</i>	Acarien	<i>Phytoseiulus persimilis</i> <i>Amblyseius californicus</i>	Nymphe et adulte Larve, nymphe et adulte	Tous les stades
	Cécidomyie	<i>Feltiella acarisuga</i>	Larve	
	Aleurodes : - <i>Trialeurodes vaporariorum</i> - <i>Bemisia tabaci</i>	Punaise	<i>Macrolophus caliginosus</i>	
Thrips : - <i>Frankliniella occidentalis</i>		Acarien	<i>Neoseiulus (Amblyseius) cucumeris</i>	Nymphe et adulte
	<i>Amblyseius swirskii</i>			
Pucerons (Nombreuses espèces)	Coccinelle	<i>Adalia bipunctata</i> Coccinelle à deux points	Larve et adulte	Tous les stades
	Chrysope	<i>Chrysoperla carnea</i>	Larve et adulte	

Les parasitoïdes

Les parasitoïdes sont des insectes ou des nématodes vivant aux dépens de leur hôte.

Les insectes parasitoïdes : les larves et les nymphes principalement, se développent dans (endoparasites) ou au contact (ectoparasites) du ravageur, causant la mort de ce dernier. Les adultes pondent à proximité, sur ou dans la proie. Le parasitisme est dit spécifique car le spectre d'hôte est restreint pour chaque parasitoïde.

Exemples d'insectes parasitoïdes (tableau non exhaustif) :

Ravageur visé	Nature de l'auxiliaire	Auxiliaires	Type de parasitisme	Stade du ravageur parasité
Aleurodes : - <i>Trialeurodes vaporariorum</i> - <i>Bemisia tabaci</i>	Hyménoptère	<i>Encarsia formosa</i>	Endoparasite	Larve
-----		<i>Eretmocerus eremicus</i>	Endoparasite	Larve
Mouche mineuse		<i>Diglyphus isaea</i>	Ectoparasite	Larve

Pucerons : - <i>Certaines espèces</i>		<i>Aphidius sp.</i>	Endoparasite	Tous les stades

Les nématodes entomopathogènes : ils présentent une apparence de petits vers allongés, transparents et minuscules. Les nématodes entomopathogènes présentent une relation symbiotique avec une bactérie pouvant être mortelle pour les insectes. Le nématode attend ou recherche un hôte à la surface du sol, dans le substrat, voire sur les végétaux (selon les espèces de nématodes), puis s'introduit par les orifices naturels de celui-ci. Les bactéries libérées dans l'insecte-hôte se multiplient et sécrètent des toxines. Les effets du parasitisme sont très variables, allant du trouble (baisse de fécondité, stérilité, perturbations du développement...) à la mort très rapide de l'insecte (48h).

Exemples de nématodes entomopathogènes (tableau non exhaustif) :

Ravageur visé	Nématode	Stade du ravageur parasité
Thrips	<i>Steinernema feltiae</i>	Larve, pupa
-----		Larve
Mouche de terreaux (sciaride)		
Hanneton - <i>Melolontha melolontha</i>	<i>Heterorhabditis bacteriophora</i>	Larve

Carpocapse des pommes, poires	<i>Steinernema carpocapsae</i>	Larve

Les pathogènes

Outre ces deux précédentes catégories, on peut aussi citer les micro-organismes qui possèdent un pouvoir infectieux vis-à-vis des insectes. Ce sont des virus, champignons ou bactéries.



Exemple

Bacillus thuringiensis est la bactérie entomopathogène la plus utilisée, sa particularité est de synthétiser un cristal protéique qui a une activité larvicide sur différentes espèces d'insectes. Les cristaux, une fois intégrés par l'insecte, provoquent une intoxication.

Conditions d'utilisations

Les lâchers d'auxiliaires sont prioritairement réalisés sous tunnels et serres car le milieu est fermé et les conditions climatiques sous abris favorisent l'installation des organismes utiles introduits. Chaque auxiliaire requiert effectivement des conditions climatiques particulières pour un développement optimal et une action efficace. Ces éléments caractéristiques sont mis à disposition par les fournisseurs d'auxiliaires.

Exemples de conditionnement d'auxiliaires prédateurs (tableau non exhaustif) :

Conditionnement	Principe	Précautions
	Sachet Micro-élevage, diffusion de 3 à 6 semaines suivant les sachets	Il faut prendre garde aux conditions de stockage, aux conditions climatiques (la température idéale de conservation est de 15° dans un espace obscur), car il s'agit d'organismes vivants. Il faut vérifier à la réception que les organismes sont toujours vivants. Ensuite, il est nécessaire de procéder à l'introduction le plus rapidement possible, de préférence le matin ou le soir, lorsque les températures sont moins élevées.
	Vrac Action directe	

FREDON Nord Pas-de-Calais

La protection biologique par conservation

Les aménagements agro-écologiques favorables à la biodiversité

Les aménagements végétaux favorables sont les haies, les bosquets, les jachères, les bandes fleuries, mais aussi les bandes enherbées aménagées ou conservées en bords de champ et le long de cours d'eau. Toutefois, il ne s'agit pas d'implanter au hasard n'importe quelles espèces végétales. En effet, certaines plantes sont capables d'héberger les auxiliaires soit parce qu'elles leur apportent une source de nourriture (pollen, nectar, insectes-cibles), soit parce qu'elles leur assurent un abri, en particulier pendant les périodes de repos estivaux ou hivernaux. Pour améliorer la protection de la culture contre les ravageurs, il est également nécessaire que les auxiliaires hébergés sur les plantes réservoirs soient capables de migrer vers la culture et d'y être actifs. D'autre part, les périodes de développement des plantes réservoirs, de présence des auxiliaires et celles des ravageurs à combattre sur la culture, doivent être en adéquation. Enfin, il est indispensable de limiter les effets non intentionnels des aménagements végétaux en faisant attention aux choix des espèces et au milieu d'implantation.

Pour atteindre ces objectifs, différents aménagements sont étudiés en vergers, vignobles, grandes cultures, productions de légumes, de fraise ou de plantes ornementales. Ils sont mis en œuvre par les producteurs principalement en extérieur, mais parfois aussi aux abords des cultures sous abris. La majorité des références a été obtenue sur les aménagements favorisant les auxiliaires associés aux pucerons et plus ponctuellement aux mouches mineuses, aux thrips, aux cicadelles...



Karine PETIT, FREDON Nord Pas-de-Calais

Figure 2 : Refuge à insectes

Dernières avancées obtenues grâce aux recherches récentes menées

La FREDON Nord Pas-de-Calais travaille depuis plus de quinze ans sur les dispositifs permettant de favoriser la faune auxiliaire des cultures. Différents axes sont étudiés, parmi lesquels : les bandes fleuries, les haies et les réservoirs inertes d'auxiliaires.

Les bandes fleuries pour attirer de la faune auxiliaire

(PETIT K. et al., 2011)

Différents mélanges d'espèces végétales allant d'une à plus d'une dizaine de familles botaniques ont été testés. Les recherches se sont orientées vers la comparaison de ces mélanges et sur leur période d'implantation afin de déterminer lesquels allaient une attractivité optimale vis-à-vis des auxiliaires à une facilité d'implantation et d'entretien.

Certains mélanges testés comportant 3 ou 4 familles botaniques ont montré des potentiels remarquables avec, par exemple plus de 7 fois plus de syrphes que dans une bande enherbée classique composée uniquement de Poacées, tout en hébergeant entre 8 et 50 fois moins de pucerons.



Karine PETIT, FREDON Nord Pas-de-Calais

Figure 3 : Mélange fleuri

Exemples d'espèces végétales des bandes fleuries semées :

Type	Nom du mélange	Composition floristique
Mélange simple (1 à 2 familles botaniques)	Douce France	Astéracées : <i>Calendula officinalis</i> L., <i>Centaurea cyanus</i> L., <i>Cosmos triana</i> , <i>Zinnia</i> ; Papavéracées : <i>Eschscholzia californica</i> Cham.
Mélange intermédiaire (3 à 9 familles botaniques)	FIBL spécial chou (Piffner et al. 2005)	Astéracées : <i>Centaurea cyanus</i> , <i>Chrysanthemum segetum</i> L. ; Apiacées : <i>Daucus carota</i> , <i>Ammi majus</i> L., <i>Pastinaca sativa</i> L., <i>Carum carvi</i> L., <i>Anethum graveolens</i> L. ; Papavéracées : <i>Eschscholzia californica</i> .

Les haies et la lutte intégrée contre le puceron du houblon

(PETIT K. et al., 2011)

Cinq houblonnières présentant des haies différentes (diversifiées et monospécifique, parallèle ou perpendiculaire) ont été suivies pour y dénombrer les populations de ravageurs et d'auxiliaires.

Les haies diversifiées peuvent être composées d'aulne glutineux, charme, lierre, murier (ronce), sureau noir, saule blanc et quelques ombellifères.

Dans les houblonnières, les haies diversifiées ont montré des populations d'auxiliaires près de deux fois supérieures à celles visibles sur les haies monospécifiques et il est apparu qu'une haie diversifiée implantée parallèlement à la culture, et à une distance de 5 à 10 mètres de celle-ci, est la plus à même de contribuer à lutter contre les pucerons.

Les bandes fleuries et la flore spontanée contre le puceron du houblon

(WATEAU K., DEWAEGENEIRE P., 2012)

Quatre mélanges fleuris différents, composés de plusieurs espèces florales annuelles, bisannuelles et vivaces ont été choisis et mis en place afin d'évaluer leur impact sur le développement des populations de pucerons. En parallèle, l'impact de la flore spontanée a lui aussi été évalué.

Les observations réalisées ont montré que la présence des auxiliaires est très dépendante de la nature des aménagements et des conditions météorologiques. Ainsi, en conditions favorables, les bandes fleuries ont tendance à attirer davantage d'auxiliaires que la flore spontanée et surtout à favoriser des types d'auxiliaires peu présents sur cette dernière (hétéroptères, coléoptères). Des distinctions apparaissent toutefois entre les types de bandes fleuries testées, rappelant la nécessité de bien choisir les espèces florales avant leur implantation (période et durée de floraison, adaptabilité au climat et au sol, pérennité, ...).

Les bandes fleuries et la biodiversité en culture d'endives contre le puceron lanigère des racines

(DEWAEGENEIRE P. et al., 2013)

Des essais ont été conduits en France et en Belgique pour évaluer le niveau d'attractivité d'un aménagement de type bande fleurie aux abords des parcelles d'endives pour la mouche *Thaumatomyia* spp..



FREDON Nord Pas-de-Calais

Figure 4 : *Thaumatomyia* sp.



FREDON Nord Pas-de-Calais

Figure 5 : Aménagement d'une boîte d'élevage

La mouche *Thaumatomyia* spp. est un auxiliaire qui permet de réduire les populations de pucerons lanigères. En effet, la larve peut consommer entre 100 et 120 pucerons durant son développement. Cet insecte est prédateur du puceron *Pemphigus bursarius* au stade adulte. Des études menées en conditions contrôlées (à température constante de 16°C) ont permis de mettre en évidence que ces mouches auxiliaires pondaient plus tôt (environ 5 jours d'avance) et de manière plus abondante, pour les individus ayant la possibilité de se nourrir de fleurs que pour celles alimentées avec uniquement avec de l'eau miellée. Le pollen serait donc un élément favorisant la reproduction et la fécondité des *Thaumatomyia* spp..

En 2012, dans le cadre du projet Interreg EMMA, des essais ont été conduits en France et en Belgique avec pour objectif de favoriser la mouche prédatrice par la mise en place de bandes fleuries. Dans les conditions d'essais, aucune différence n'a été constatée entre les zones non aménagées et aménagées. Toutefois, sur l'essai français, les résultats montrent que la flore spontanée des abords de parcelle (à l'autre extrémité de la bande fleurie) joue un rôle non négligeable sur l'attractivité de cette mouche utile.

Réservoirs inertes et auxiliaires en verger

(WATEAU K. et al., 2005)

Quatre types d'abris (abris à coccinelles, abris à forficules, abris à chrysopes, abris à hyménoptères), déclinés dans une version artisanale et une version commerciale pour chacun, ont été mis en place dans un verger de pommier biologique du Nord Pas-de-Calais. Des observations visant à recenser le nombre de pucerons et d'auxiliaires présents sur les arbres associés et à l'intérieur des refuges, ont été réalisées durant deux hivers consécutifs.

Il a été démontré que les réservoirs à chrysopes accueillent de 2 à 7 fois plus d'auxiliaires que les autres abris. Par ailleurs, jusqu'à 6 fois moins de pucerons ont été dénombrés dans les zones occupées par des réservoirs que dans celles en étant dépourvus.

Parallèlement, une comparaison de l'attractivité des réservoirs artisanaux et commerciaux a été mise en place. Ces expérimentations ont permis de constater une meilleure attractivité de certains réservoirs artisanaux (abris à chrysopes et à coccinelles) par rapport aux abris commerciaux.



Figure 6 : Abri à coccinelles artisanal



Figure 7 : Abri à chrysope artisanal



Figure 8 : Nichoir à mésange artisanal



Figure 9 :
Abri à coccinelles du commerce



Figure 10 :
Abri à chrysope du commerce



Figure 11 :
Nichoir à mésange du commerce

FREDON Nord Pas-de-Calais

Pour aller plus loin :

- » CHAUFaux J. 1995. *Utilisation de biopesticides contre les ravageurs des cultures : le point sur Bacillus thuringiensis*, Insectes n°97-1995 (2).
- » DEWAEGENEIRE P., MILLEVILLE C., CENIER C. 2013. *Thaumatomyia spp., mouches prédatrices du puceron des racines de l'endive* – Fiche Technique n°23, FREDON Nord Pas-de-Calais.
- » EMILIANOFF V. 2008. *Les problèmes de couple dans les symbioses nématobactériennes parasites d'insecte*. Thèse, Université des Sciences et des Techniques - Montpellier II, p.7-11.
- » LAMBERT N. 2010. *Lutte biologique aux ravageurs*, Centre Universitaire de Formation en environnement, Université de Sherbrooke – Québec, p.7-8.
- » LASCAUX E. et LACORDAIRE A-I. 2013. *Utilisation des nématodes entomopathogènes (Heterorhabditidae et Steinernematidae) sur gazon et palmiers*, KOPPERT, 10p.
- » PETIT K., WATEAU K., LEGRAND M., OSTE S. 2011. *Quels dispositifs employer pour favoriser la faune auxiliaire des cultures ?* Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisible Nord Pas-de-Calais, AFPP – Quatrième conférence internationale sur les méthodes alternatives en protection des cultures, p.752-763.
- » REBOULET, J-N. 1999. *Les auxiliaires entomophages. Reconnaissance, Méthodes d'observation, Intérêt agronomique*. ACTA, 3ème édition. ISBN 2-85794-176-5. 136p.
- » SUTY L. 2010. *La lutte biologique, vers de nouveaux équilibres écologiques*, Editions Quae - Educagri éditions, Paris (France), p.236-242.
- » WATEAU K., DELEPLANQUE A., OSTE S., BERTRAND E. 2005. *Quels réservoirs d'auxiliaires en vergers de pommier ?* – Colloque « Les pommes biologiques : de la production à la commercialisation » à East Malling, 3 février 2005.
- » WATEAU K., DEWAEGENEIRE P. 2012. *La biodiversité au service des houblonniers : des aménagements parcellaires pour lutter contre les pucerons* – Fiche Technique n°22, FREDON Nord Pas-de-Calais.

Les méthodes de détection en cultures légumières et fraises

A quoi servent-elles ?

Les méthodes de détection sont des outils permettant de juger de l'état sanitaire de nos cultures maraichères. Auparavant, seule l'**observation**, nous permettait de détecter la présence/absence de ravageurs des cultures. Aujourd'hui, des méthodes de **piégeage** ont été mises au point pour

compléter et rendre plus facile cette observation. Le piégeage permet de capturer, de comptabiliser et de suivre les populations de ravageurs par attractivité (odeur, couleur...) tout au long de la culture. L'objectif étant d'assurer un suivi des populations de ravageurs au cours de la saison et ainsi déclencher les interventions de lutte au bon moment.

L'observation des parcelles reste néanmoins indispensable et complémentaire du piégeage car il ne révèle pas à lui seul l'ensemble de la situation sanitaire !

Quels pièges utiliser et comment les utiliser ?

Pour les insectes, plusieurs types de pièges sont possibles, les principaux utilisés sont le **piégeage visuel** (ou chromatique) et le **piégeage sexuel** (à phéromone). La **méthode** et la **période** de piégeage étant spécifique à chacun des ravageurs, il est important de connaître la biologie et le cycle de développement du ravageur.

Pièges à phéromones

» **Principe** : Utilisation de phéromones de synthèse pour attirer les individus mâles.

Ce piège est très spécifique et permet d'attirer le ravageur sur de longues distances (environ 100 m).

» **Individus ciblés** : les Lépidoptères (papillons)

Deux types de pièges peuvent être utilisés en fonction de la taille du papillon :



FREDON Nord Pas-de-Calais

Le piège Delta (ou piège triangulaire)

Il consiste à attirer les papillons de petite taille (< 25 mm) par une capsule de phéromones en caoutchouc déposée sur une plaque engluée. Une fois dans le piège, ceux-ci volent jusqu'à épuisement, ils se posent et restent attachés.

Nombre de piège/parcelle : 1

Quels insectes piégés ?

Teigne du poireau (*Acrolepiopsis assectella*), teigne des crucifères (*Plutella xylostella*), pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*), tordeuse du pois (*Cydia nigricana*)...

Figure 1 : Le piège Delta



FREDON Nord Pas-de-Calais

Figure 2 : Le piège entonnoir

Le piège entonnoir

Il consiste à attirer les papillons de grandes tailles (> 25 mm) dans l'entonnoir par une capsule de phéromones. Une fois capturé ceux-ci volent jusqu'à épuisement pour tomber dans un fond d'eau savonneuse.

Nombre de pièges/parcelle : 2

Quels insectes piégés ?

Noctuelle gamma (*Autographa gamma*), la noctuelle Héliothis (*Helicoverpa armigera*)

» Les capsules de phéromones sont spécifiques à chacun des ravageurs et sont à changer avec des gants toutes les 4 à 6 semaines pour que le piégeage soit efficace. De plus, il est important de conserver les capsules avant emploi dans de bonnes conditions (au réfrigérateur ou au congélateur).

Pièges olfactifs



PCG

Figure 3 : Piège olfactif

» **Principe** : Utilisation de l'odeur du chou (synthétique à base d'éthyl isothiocyanate) pour attirer les insectes. Ce piège est donc spécifique aux ravageurs du chou.

» **Individus ciblés** : mouche du chou (*Delia radicum*)

Le piège

Il consiste à attirer les ravageurs par l'odeur synthétique de chou très forte. Une fois dans le piège, les ravageurs se collent à la plaque engluée jaune et restent attachés.

Nombre de pièges/parcelle : 3

Quels insectes piégés ?

Mouche du chou (*Delia radicum*)

Pièges chromatiques

» **Principe** : Les insectes sont attirés naturellement par certaines couleurs. L'emploi de pièges colorés est une méthode simple qui permet de déterminer leur présence et aussi leur importance. L'inconvénient de ce type de piégeage est d'être peu sélectif.

» **Individus ciblés** : non spécifique



FREDON Nord Pas-de-Calais

Figure 4 : Bol jaune pour la mouche mineuse du poireau (à gauche), bol blanc pour la mouche du chou (à droite).

Les bols

Ils consistent à attirer les ravageurs par la couleur, ceux-ci vont venir se noyer dans l'eau savonneuse déposée préalablement.

Quels insectes piégés ?

Bol blanc : mouche du chou (*Delia radicum*)

Bol jaune : pucerons, mouche mineuse du poireau (*Phytomyza gymnostoma*), mouche de l'endive (*Napomyza cichorii*).

» L'identification à la loupe binoculaire est nécessaire pour ce type de piège.



Figure 5 : Piège pour la mouche de la carotte (à gauche) et piège pour le thrips (à droite).

Les plaques engluées

Elles consistent, par leur couleur, à attirer les individus qui vont venir s'y coller.

Quels insectes piégés ?

Plaque bleue: thrips (*Frankliniella occidentalis*)

Plaque jaune: mouche de la carotte (*Psila rosae*) (seuil de nuisibilité : 1 capture/piège/semaine)

» L'identification à la loupe binoculaire est nécessaire pour l'identification des thrips et conseillée pour la mouche de la carotte.

Nombre de pièges/parcelle : 3 pièges (bols ou plaques) à 10 mètres d'intervalle, en tenant compte de la direction du vent pour les plaques engluées.

FREDON Nord Pas-de-Calais



Figure 6 : Panneau bleu englué

Les rubans collants et panneaux englués

Ces pièges suivent le même principe que les plaques engluées mais sont plus adaptés au piégeage sous abri.

Les rubans collants sont utilisés dans le but d'un piégeage de masse des ravageurs tandis que les panneaux englués ont plutôt pour objectif le suivi des populations de ravageurs.

Quels insectes piégés ?

Les rubans et les panneaux jaunes : aleurodes, mouches mineuses, thrips, pucerons et mouches des terreaux (Sciaridés).

Les rubans et les panneaux bleus : thrips et mouches des terreaux (Sciaridés).

FREDON Nord Pas-de-Calais

Feutrine



Figure 7 : Feutrine au collet du chou.

» Principe : Détermination du niveau de ponte.

» Individus ciblés : mouche du chou (*Delia radicum*)

Cette méthode consiste en la pose de feutrine à la base du collet des choux. Les mouches pondent leurs œufs qui sont recueillis dans la feutrine. Le comptage y est alors plus facile. Une fois le comptage effectué, la feutrine est brossée et repositionnée autour du collet.

Nombre de pièges/parcelle : 10 feutrine sur une même ligne de plantation et espacées chacune par 3 choux.

FREDON Nord Pas-de-Calais

Piège limace

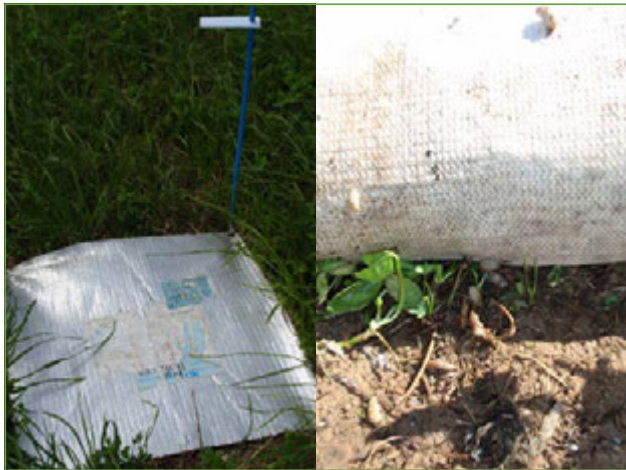


Figure 8 : Piège à limaces (à gauche), limace sous piège (à droite).

- » **Principe** : Procurer aux limaces un abri contre la lumière et le dessèchement en fin de nuit. Les limaces vont se réfugier sous le piège au lieu de s'enfouir dans le sol et pourront ainsi être plus facilement dénombrables. Le piège se présente comme une bâche carrée de 50 cm de côté. La face inférieure du piège retient l'humidité tandis que la face supérieure réfléchit les rayons du soleil et retarde, ainsi, le réchauffement du sol.
- » **Humidifier le sol s'il est sec et plaquer le piège au sol avec des cailloux.**
- » **Cible** : les limaces
- » **Nombre de pièges / parcelle** : 4 pièges par parcelle en les espaçant de 5 m. On placera les pièges de préférence avant le semis, période à laquelle ils sont le plus efficaces.

- » **Fréquence d'observation** : 1 à 2 fois par semaine de préférence le matin. Compter le nombre de mollusques piégés et en déduire le nombre d'individus présents au m².
- » **Seuil de nuisibilité** : Les seuils de nuisibilité peuvent varier en fonction de la culture.
 - Pois : 12 limaces/m²
 - Salade, radis : 1 limaces/m²
 - Endive : 2 limaces/m²

Pour aller plus loin :

- » Lejemble, J. 2009, Fiche technique du service régional de l'alimentation Haute Normandie, les noctuelles du chou, Ministère de l'agriculture et de la pêche.
Lien direct : http://draaf.haute-normandie.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/FT_mouche_chou_23VI09_cle42d683.pdf
- » JADE INFO 2 <http://www.proefcentrum-kruishoutem.be/pls/portal/url/ITEM/54F8C78E7DFA4C6187EB87CD4868F474>
- » LEGRAND M (FREDON Nord Pas-de-Calais), DELANOTE L. (PCBT), DUCATILLON C (CARAH), GREBERT D (PLRN), Comment lutter contre la teigne du poireau en agriculture biologique. VETABIO Lien direct : <http://www.gabnor.org/images/stories/Vetabioinfo/dernierteignedupoireau.pdf>
- » Comment lutter contre les limaces en maraichage biologique. VETABIO Lien pour consulter la fiche internet : <http://www.gabnor.org/images/stories/Vetabioinfo/dernierluttecontreleslimaces.pdf>
- » AGROBIO poitou charentes : 2010 : l'auxiliaire bio Bulletin technique du réseau bio Poitou charentes. : p 4-6

Les cultures intermédiaires : des couverts assainissants bénéfiques aux cultures suivantes



Inagro

Figure 1 : Essai plantes de couverture

Les Cultures Intermédiaires Piège à Nitrates (CIPAN) sont rendues obligatoires en France depuis le 4^{ème} Programme de la Directive Nitrates en 2009, pour empêcher le lessivage des nitrates et protéger le sol de l'érosion. Le 5^{ème} programme, actuellement en cours de rédaction, prévoit le maintien de cette obligation.

Selon le système de culture et la rotation, les cultures intermédiaires prennent différentes formes. Quatre types peuvent être distingués : le couvert d'interculture, le mulch mort, le couvert associé et le mulch vivant (TEASDALE, 1996; HOFFMAN et REGNIER, 2006) :

- » Les couverts d'interculture ou cultures intermédiaires en végétation, visent à supplanter les adventices par compétition ou modification du milieu (température du sol, humidité du sol, quantité de lumière) durant l'interculture.
- » Le mulch mort, vise à laisser une couche suffisante de litière durant une période d'interculture, voire dans la culture suivante. L'objectif est de produire suffisamment de résidus par les couverts pour créer un environnement défavorable à la germination des adventices et à leur installation.
- » Le couvert associé, présente un cycle de développement court, principalement pour couvrir le sol au début de la culture principale tout en évitant de la concurrencer.
- » Le mulch vivant est installé avant ou durant la culture principale et poursuit sa croissance durant la période de végétation de cette dernière.

Ces deux dernières formes de couverts peuvent être comparées à une flore adventice choisie pendant la culture.

(CHARLES R., MONTFORT F. et SARTHOU J.P., 2012).

Aujourd'hui, les cultures intermédiaires sont communément utilisées pour couvrir le sol entre deux cultures. Pour cela, des plantes à croissance rapide avec un système racinaire profond, semées en période d'interculture empêchent le lessivage du nitrate (Thorup-Kristensen *et al.* 2003). Afin de réduire l'érosion du sol, le choix de végétaux avec une couverture rapide est privilégié. Dans la lutte contre les adventices, il est préférable d'implanter un couvert végétal avec une croissance plus rapide ou plus précoce que l'adventice ciblée, avec une production de biomasse importante.

Certains végétaux implantés en interculture présentent des intérêts agronomiques plus importants et plus complexes. Ces différentes qualités peuvent expliquer la diversité d'appellation pour les désigner : cultures intermédiaires, engrais verts, plantes de coupe, couverts assainissants,... Les couverts d'interculture sont capables de fournir de nombreux services écosystémiques aux producteurs en limitant les bioagresseurs du sol. Toutefois, chaque espèce végétale a des caractéristiques propres qu'il est nécessaire de considérer pour maximiser les bénéfices agronomiques et éviter un éventuel effet indésirable résultant de l'implantation d'une culture intermédiaire.

Tout d'abord, cette fiche a pour objectif de définir les services rendus par les cultures intermédiaires en végétation, notamment en tant que couvert assainissant. Puis, de présenter de premières clés de décision pour bien choisir les espèces végétales à planter en interculture. Enfin, d'exposer brièvement les essais de recherche, menés dans le cadre du programme transfrontalier franco-belge EMMA.

Les fonctions assainissantes des cultures intermédiaires

Certaines espèces végétales implantées en période d'interculture ont des propriétés utiles pour assainir le sol, grâce à leurs effets allélopathiques. Les molécules dégagées par les plantes peuvent assainir le sol et limiter la présence de bioagresseurs pendant la culture suivante.

Les effets allélopathiques des cultures intermédiaires

L'allélopathie se définit comme « tout effet direct ou indirect, positif ou négatif, d'une plante (micro-organismes inclus) sur une autre par le biais de composés biochimiques libérés dans l'environnement (atmosphère et sol) »

(Rice, 1984).

La recherche agronomique travaille depuis quelques décennies sur les effets bénéfiques des cultures intermédiaires qui peuvent être appelées, dans ces conditions, couvert assainissant. Certaines de ces espèces végétales sont capables de réduire le nombre de pathogènes, de ravageurs et de semences d'adventices dans le sol grâce à leurs **effets allélopathiques**. Cette allélopathie est le résultat de la fabrication de substances toxiques par les plantes. Les substances toxiques les plus couramment utilisées dans les essais de recherche sont les **glucosinolates**, principalement fabriquées par les végétaux de la famille des Brassicacées (ou crucifères). Lors de la décomposition de ces plantes, les glucosinolates sont transformés en isothio- et thiocyanates, molécules volatiles et toxiques pour certains organismes du sol. Dans ce cas, on parle de **biofumigation** (ou **biodésinfection**).

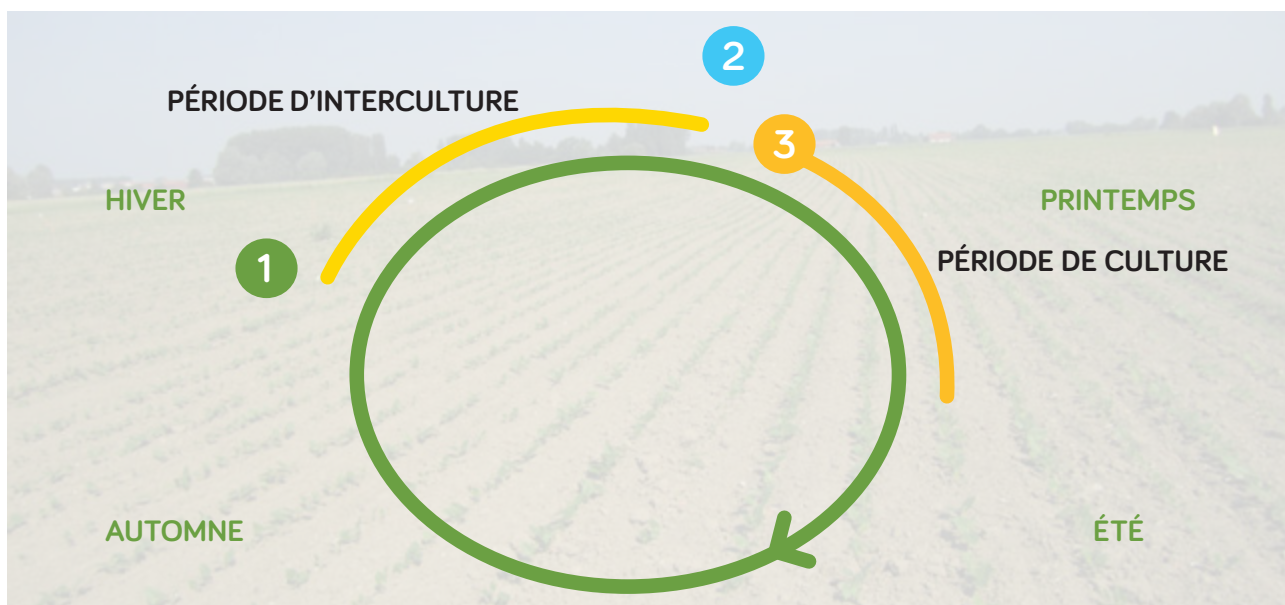
D'autres substances allélopathiques sont également fabriquées par des espèces n'appartenant pas aux crucifères. Par exemple, il a été identifié des terpénoïdes et benzoxazinoïdes chez les Poacées, du sorgoleone et des glycosides cyanogéniques dans le sorgho, ainsi que des saponines chez la luzerne et l'avoine.

Les cultures intermédiaires peuvent également lutter contre les pathogènes et les ravageurs de culture de manière indirecte, en offrant un **environnement attractif aux ennemis naturels** (prédateurs polyphages, carabes granivores,...).

Exemple de la biofumigation

La technique de biofumigation nécessite l'utilisation d'espèces végétales particulièrement riches en glucosinolates, appartenant majoritairement à la famille des Brassicacés (diverses moutardes, roquette, radis). Lorsque les plantes ont accumulé la plus grande quantité de glucosinolates (en général il s'agit de la période de pleine floraison), le couvert d'interculture doit être broyé le plus finement possible afin d'accélérer le processus de la dégradation, période à laquelle les glucosinolates se transforment en isothio- et thiocyanates. En raison de la volatilité de cette molécule toxique, l'incorporation dans le sol doit se faire immédiatement et dans un sol humide, voire irrigué, pour améliorer l'efficacité de la biofumigation. La concentration maximale d'isothio- et thiocyanate est normalement atteinte après deux jours et se dissipe après une semaine. La période de culture peut alors être mise en place.

Les éléments proposés ci-dessous sont donnés à titre indicatif et ne doivent pas être considérés comme un modèle.



FREDON Nord Pas-de-Calais

Figure 2 : Intégration d'une culture intermédiaire

- | | |
|---|---|
| <p>1</p> <p>Semis du couvert</p> | <ul style="list-style-type: none"> » Utiliser des espèces sélectionnées pour la biofumigation (exemple : moutarde, colza). » Semer à une densité élevée pour produire beaucoup de biomasse (exemple : 3 à 4 kg/ha pour la moutarde brune). |
| <p>2</p> <p>Broyage et incorporation</p> | <ul style="list-style-type: none"> » Attendre la période où la production de glucosinolates est maximale. » La biofumigation nécessite un sol humide et réchauffé (plus de 10°C). » Les plantes doivent être broyées le plus finement possible pour casser le maximum de cellules, pour que les glucosinolates se transforment en isothio- et thiocyanates. » L'incorporation dans le sol se fait immédiatement après le broyage par enfouissement mécanique ou par irrigation abondante. |
| <p>3</p> <p>Effets sur la culture suivante</p> | <ul style="list-style-type: none"> » La culture suivante peut être semée ou plantée une semaine après l'incorporation. Un délai plus long peut être nécessaire lorsqu'une grande quantité de plantes ont été enfouies ce qui peut provoquer un manque d'oxygène dans le sol (plus forte activité microbiologique). |

Choisir sa culture intermédiaire

Comme il a été expliqué précédemment, les cultures intermédiaires fournissent des services variés aux agriculteurs. Toutefois, le choix de l'espèce à implanter en tant que culture intermédiaire est primordial car comme toute méthode, elle présente aussi des inconvénients. Ainsi, une culture intermédiaire doit être pensée comme un couvert faisant partie d'un système cultural global, avec des propriétés devant être compatibles avec la culture suivante.

Proposition d'une méthode de choix

Choisir l'espèce à semer pour l'interculture est une étape délicate, pour laquelle plusieurs paramètres sont à considérer pour atteindre au mieux les objectifs fixés. Pour cela trois étapes peuvent être préconisées, selon l'Institut Technique de l'Agriculture Biologique (ITAB, 2012) :

Première étape : définir les contraintes imposées par la parcelle

- » La rotation et espèces présentes dans la rotation
- » La période de semis possible
- » La durée de l'interculture
- » Le type de sol

- » Fourrage d'appoint
- » Structure du sol
- » Limitation des bioagresseurs

Troisième étape : adapter les dates et les techniques

- » Technique de semis et de destruction
- » Sélection des variétés

Deuxième étape : les objectifs de l'agriculteur

- » Piégeage d'azote
- » Fourniture d'azote à la culture suivante
- » Lutte contre les adventices
- » Maintien de la matière organique du sol

Ces trois étapes, décrites dans le modèle réalisé en 2012 par l'Institut Technique de l'Agriculture Biologique, permettent d'aboutir à un choix final d'espèces végétales, adaptées aux conditions parcellaires et aux objectifs de l'agriculteur.

Les effets des couverts intermédiaires

Le tableau ci-dessous est le résultat de travaux de recherches de l'INRA (R.CHARLES, F.MONTFORT, J.-P.SARTHOU, 2012). Les exemples et les références présentés sur fond gris ont été répertoriés par la FREDON Nord Pas-de-Calais. Il s'agit d'un récapitulatif qui doit servir de base de réflexion pour déterminer l'espèce pour la période d'interculture.

	Brassicacées (Crucifères)	Poacées (Graminées)	Fabacées (Légumineuses)	Autres
Action contre les ADVENTICES	Allélopathie (via composés soufrés par exsudats racinaires et/ou décomposition des mulch) exemple : moutardes blanche et brune .	Allélopathie (via benzoxazino-nes ou avénacine (avoine) par exsudats racinaires et/ou décomposition du mulch) : certaines variétés de seigle, avoine, blé .	Allélopathie : mélilot, certaines variétés de luzerne, trèfle violet .	Allélopathie : Alliacées (par composés soufrés), sarrasin .
	Compétition moyenne à forte par la vigueur à la levée. Compétition par la biomasse produite : certaines espèces et variétés.	Forte compétition par la vigueur à la levée. Compétition par la biomasse produite : certaines espèces et variétés.	Compétition faible à forte par la biomasse produite : méli-lot , certaines autres espèces et variétés.	Compétition très variable selon les espèces.
	L'incorporation de colza dans le sol peut entraîner une réduction de la biomasse des adventices entre 50 et 96 % ¹ . La moutarde aurait un effet régulateur sur les populations de chénopodes et de pourpiers ² .	Une très forte concentration en extrait de sorgho inhibe la germination du chénopode blanc, de la phalaris, du souchet officinal/herbe à oignon, le cochlearia, le rumex denté et sur <i>Trianthema portulaca-strum</i> ³ .		
	Brassicacées (Crucifères)	Poacées (Graminées)	Fabacées (Légumineuses)	Autres
Action sur la MICROFLORE	Plantes non mycorhiziennes ⁴ . Allélopathie : résistante aux composés soufrés	Plantes mycorhiziennes. Mulch : potentiellement porteur d'inoculum pathogène pour les céréales Attention à la culture suivante	Plantes mycorhiziennes.	Plantes mycorhiziennes (sauf Chénopodiacées).
	Augmentation de l'activité pédo-microbienne antagoniste de pathogènes car meilleure disponibilité des éléments nutritifs.			
	Effet splash (dispersion des inoculum pathogènes par les éclaboussures de la pluie) diminué par la biomasse et le mulch.			
	L'incorporation de résidus de chou séché dans le sol semble réduire les populations de <i>Fusarium oxysporum f.sp. conglutinans</i> . En laboratoire, des effets similaires ont été observés sur <i>Aphanomyces euteiches</i> présents sur racines de pois ⁵ . L'introduction de moutarde , de navet ou de choux permet de diminuer l'inoculum de <i>Rhizoctonia solani</i> et <i>Aphanomyces cochlioides</i> . Résultats significatifs sur <i>Pythium</i> avec de la moutarde brune et noire ⁹ . En laboratoire, du colza <i>Brassica napus</i> var. « Dwarf Essex » sous forme de farine, montre une réduction du développement de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> ¹⁰ . Dégâts de <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> sur laitue, réduits grâce à l'implantation d'une culture de brocoli comme précédent ¹¹ .	L'avoine favorise fortement la germination des oospores. Les exsudats d'avoine ont permis de diminuer la densité d'inoculum et la sévérité des attaques sur racines de pois ⁶ (<i>Aphanomyces euteiches</i>). Plus l'extrait racinaire d' avoine est concentré, plus il y a de production mycélienne ⁷ . L' avoine permet de réduire l'inoculum de hernie du chou ⁸ .		

	Brassicacées (Crucifères)	Poacées (Graminées)	Fabacées (Légumineuses)	Autres
Action sur la FAUNE	Allélopathie : action nématostatique ou nématocide : certaines var. de radis fourrager (oléifère), moutardes brune et noire.	Allélopathie : action nématostatique ou nématocide : certaines var. de ray-grass anglais (mais favorise les nématodes à kyste du soja).	-	-
	Augmentation de l'activité pédo-biologique (bactéries, acariens & nématodes prédateurs) antagoniste de nématodes phytoparasites.			
	Vers de terre : augmentation des populations → amélioration physico-chimique du sol.			
	Prédateurs généralistes zoophages et granivores (rampants) : favorisés par mulch mort. Auxiliaires zoophages floricoles et pollinisateurs : favorisés si floraison.	Prédateurs généralistes zoophages et granivores (rampants) : favorisés par les cultures intermédiaires en interculture et en inter-rangs ; favorisés par le mulch mort.	Prédateurs généralistes zoophages et granivores (rampants) : fortement favorisés par les cultures intermédiaires en interculture et en inter-rangs ; favorisés par le mulch mort. Auxiliaires zoophages floricoles et pollinisateurs : favorisés si floraison	Prédateurs généralistes zoophages et granivores (rampants) : favorisés par le mulch mort. Auxiliaires oophages ¹² floricoles et pollinisateurs : favorisés si floraison.
	Ravageurs du sol (hannetons, taupins, tipules...) : favorisés par certaines espèces, mais limités par l'activité micro-biologique accrue (champignons entomopathogènes).			
	Appétence pour limaces : forte pour les espèces cultivées (surtout colza), faible pour les espèces de cultures intermédiaires ou cultures secondaires (moutardes blanche et brune, radis fourrager).	Appétence pour limaces : forte (seigle) ou moyenne (orge d'hiver, triticale, ray-grass italien) pour espèces cultivées ; faible pour les cultures intermédiaires ou cultures secondaires (avoine diploïde). Ravageurs aériens : certains défavorisés par le mulch en maraîchage de plein champ. Appétibilité pour les orthoptères : moyenne à forte selon espèces.	Appétence pour limaces : moyenne pour espèces cultivées (pois fourrager, trèfle incarnat) ; faible pour les cultures intermédiaires ou cultures secondaires (féverole d'hiver, vesce commune). Ravageurs aériens : certains défavorisés par le mulch en maraîchage plein champ. Appétibilité pour les orthoptères : faible à moyenne selon espèces.	Appétence pour les limaces : forte pour espèces cultivées (surtout tournesol) ; faible pour les espèces de cultures intermédiaires ou cultures secondaires (phacélie, sarrasin...).
	Micro-mammifères : peu favorisés	Micro-mammifères : peu favorisés.	Micro-mammifères : favorisés.	Micro-mammifères : peu favorisés.
	Mulch vivant et repousses : potentiellement hôtes de ravageurs pour la culture en cours ou pour la culture suivante (si appartient à la même famille)			
	Effets négatifs observés sur les nématodes <i>Pratylenchus penetrans</i> et <i>Meloidogyne</i> ¹³	-	-	-

¹ BROWN J. et MORRA M.J., 2000.

² BENSEN T.A. et SMITH R.F., 2009.

³ RANDHAWA M.A., CHEEMA Z.A., et ALI M.A., 2002.

⁴ Les mycorhizes sont des symbioses bénéfiques qui s'instaurent entre les racines de plantes et certains champignons du sol. Ils jouent un rôle de bio-protection contre des agents pathogènes du sol (nématodes, autres champignons/bactéries pathogènes) _ Définition disponible <http://www.inoculumplus.eu/>

⁵ MARTIN H.L., 2003.

⁶ SHANG H., GRAU C.R., et PETERS R.D., 2000.

⁷ CHANDLER M.A., FRITZ V.A. et ALLMARAS R.R., 2004.

⁸ MURAKAMI H. *et al.*, 2000.

⁹ MONTFORT F. *et al.*, 2009.

¹⁰ BROWN J. et MORRA M.J., 2000.

¹¹ BENSEN T.A. et SMITH R.F., 2009.

¹² Les auxiliaires oophages pondent à l'intérieur des oeufs des arthropodes.

¹³ BROWN J. et MORRA M.J., 2000.

Les essais menés dans le cadre du projet EMMA

Programme INTERREG IV France-Vlaanderen : FREDON Nord Pas-de-Calais (Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles), PCG (Centre provincial de la Recherche appliquée des Cultures maraîchères de Flandre orientale), INAGRO (recherche et conseils en matière d'agriculture et d'horticulture de Flandre occidentale).

Etude sur les couverts végétaux menée par la FREDON Nord Pas-de-Calais : intérêts agronomiques et effets assainissants pour lutter contre la sclérotiniose.

La sclérotiniose est souvent appelée « pourriture blanche », il s'agit d'une maladie due à l'attaque de champignons parasites du genre *Sclerotinia*. C'est le principal fléau des haricots et flageolets, mais aussi d'autres cultures (salades, carottes, céleris, endives, pois...). Cette maladie entraîne des pertes de rendement, des déclassés qualitatifs, un coût de protection des cultures supplémentaire,...

En 2012 et 2013, une étude réalisée en plein champ a eu pour objectif de tester quelques couverts afin de mettre en évidence l'éventuel effet de 4 plantes de coupure (moutarde brune, avoine brésilienne, seigle forestier, ray-grass italien) sur la réduction des contaminations liées au *Sclerotinia*. Pour cela, un couvert de chaque plante a été implanté au mois de septembre 2012 et a été détruit mi-janvier 2013.

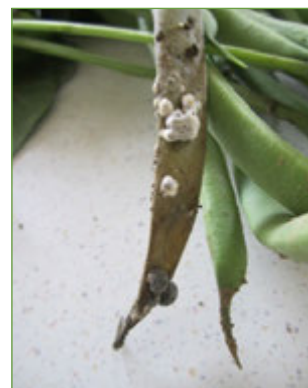


Figure 3 : Sclérotiniose sur haricot



Figure 4 : Avoine brésilienne



Figure 5 : Seigle forestier



Figure 6 : Moutarde brune



Figure 7 : Ray-grass italien

Au mois de juin, les flageolets ont été semés, la culture a été suivie de manière hebdomadaire mais la sclérotiniose ne s'est pas développée sur la parcelle où a été conduite l'étude. Il n'est donc pas possible de conclure à un éventuel effet des engrais verts pour réduire la pression de cette maladie. En revanche, il est important de souligner qu'au cours du suivi de la culture, les modalités n'ont pas été touchées, et ce de manière homogène, par d'autres maladies ou par des ravageurs.



Figure 8 : Culture saine de flageolet



Figure 9 : Mesures à la récolte sur flageolet

En 2014, l'essai est réalisé avec les 4 mêmes plantes que l'année précédente, dans des bacs de terre contaminée artificiellement. L'objectif est de tester l'effet éventuel de ces couverts sur la réduction des contaminations liées au *Sclerotinia*, en culture de haricot vert nain. Malheureusement, le développement trop hétérogène de la maladie et l'absence de symptôme dans les témoins, ne permettent pas de conclure sur l'efficacité des couverts.



Figure 10 : Avoine brésilienne



Figure 11 : Seigle forestier



Figure 12 : Moutarde brune



Figure 13 : Ray Grass italien

FREDON Nord Pas-de-Calais

Etude sur les couverts végétaux menée par l'Inagro :

intérêts agronomiques et effets assainissants pour lutter contre la sclérotiniose et le botrytis.

Le botrytis, souvent appelé « pourriture grise », est provoqué par le champignon *Botrytis cinerea*. L'étude réalisée par INAGRO, consiste à évaluer l'effet de l'avoine japonaise, la roquette, le ray-grass italien, le seigle et la moutarde en tant que couverts assainissants pour lutter contre la sclérotinia et le botrytis en culture de haricots.

Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus, comparés à ceux du témoin. Les résultats qui n'y figurent pas ne sont pas significatifs.

	Avoine japonaise	Roquette	Ray-grass italien	Seigle	Moutarde
Rendement de gousses	-	NS*	-	NS	NS
Plantes infestées (sclérotiniose)	+	NS	+	NS	+
Plantes infestées (botrytis)	NS	NS	NS	NS	NS

* Non significatif.

Etude sur les couverts végétaux menée par le PCG et INAGRO :

lutte contre la hernie des crucifères en choux-fleurs.

La hernie des crucifères est causée par un champignon présent dans le sol qui infecte les racines et engendre la formation de tumeurs. La hernie entraîne une perte de rendement et de qualité importante chez de nombreux producteurs de choux, notamment en Belgique.

Dans le cadre de cette étude, deux essais en plein-champ ont été réalisés, afin d'évaluer l'efficacité de différents produits contre la hernie des crucifères en présence et en l'absence d'un engrais vert, le ray-grass italien, préalablement enfoui dans le sol :

1. Essai conduit par le PCG : Protection contre la hernie des crucifères après contamination artificielle ;
2. Essai conduit par l'Inagro : Protection contre la hernie des crucifères avec contamination naturelle.

Dans ces deux essais, une contamination agressive par la hernie a été observée puisque presque toutes les plantes étaient lourdement touchées. L'enfouissement du ray-grass italien n'a pas apporté d'amélioration dans ce contexte de pression élevée. Il faut néanmoins souligner que le ray-grass ne s'était pas encore développé de manière optimale lors de l'enfouissement, en raison des conditions climatiques particulières du printemps 2013.

Pour aller plus loin :

- » ARNAULT I. et al. 2005. Propriétés pesticides des Alliaciées. Biodésinfection des sols maraîchers au moyen d'oignon et poireau. *Phytomz*, num. 578, p. 40-43.
- » BENSEN T.A. and SMITH R.F. 2009. Influence de la moutarde et d'autres espèces de plantes de coupure sur *Sclerotinia minor* en culture de laitue (Mustard and other cover crop effects vary on lettuce drop caused by *Sclerotinia minor* weeds). *Plant Disease*, num. 93 (10), p. 1019-1027
- » BROWN J. and MORRA M.J. 2000. Glucosinolate-containing seed meal as a soil amendment to control plant pests. National renewable energy laboratory, p. 4-28.
- » CHARLES R., F.MONTFORT F. et SARTHOU J-P. 2012. Effets biotiques des cultures intermédiaires sur les adventices, la microflore et la faune, chapitre 6. Réduire les fuites de nitrate au moyen de cultures intermédiaire, p193-261.
- » GHESQUIERE J., A.CADILLON A. 2012. Choisir et réussir son couvert végétal pendant l'interculture en Agriculture Biologique. Cahier technique. Institut Technique de l'Agriculture Biologique.
- » HOFFMAN M.L. et REGNIER E.E., 2006. Contributions to weed suppression from cover crops. Food Products Press, Binghamton.
- » MARTIN H.L. 2003. Management of soil borne diseases of beetroot in Australia: a review. *Australian journal of experimental agriculture*, vol. 11, num. 43, p. 1281-1292.
- » MICHEL V. 2008. Biofumigation : principe et application. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* Vol 40, p. 95-99.
- » MICHEL V., AHMED H. et DAHAL S. 2011. Des engrais verts pour lutter contre les maladies du sol. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* Vol. 43, p. 116-121.
- » MICHEL V., AHMED H. et DUTHEIL A. 2007. La biofumigation, une méthode de lutte contre les maladies. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* Vol. 39, p. 145-150.
- » MONFORT F. et al. 2009. Mettre à profit la période d'interculture pour limiter les risques de maladies telluriques : l'exemple de la biofumigation. *Rencontres techniques phytosanitaires-sdqpv/Ctifl-St Malo*.
- » MURAKAMI H. et al. 2000. Reduction of spore density of *Plasmidiophora Brassicae* in soil by decoy plants (Réduction de la densité des spores de conservation de *Plasmidiophora Brassicae* dans le sol par les cultures pièges). *J.Gen.Plant Pathology*, num. 67, p. 85-88.
- » RANDHAWA M.A., CHEEMA Z.A., and ALI M.A. 2002. Allelopathic effect of sorghum water extract on the germination and seedling growth of *trianthema portulacastrum*. *International Journal of Agriculture & Biology*, vol. 4, num. 3, p. 383-384.
- » REAU R. et al. 2005. Effets allélopathiques des Brassicacées via leurs actions sur les agents pathogènes telluriques et les mycorhizes : analyse bibliographique. Partie 1. Oléagineux corps gras lipides, vol. 12, num. 3, p. 261-271.
- » RICE E.L. (Ed), 1984. *Allelopathy*. Academic Press Inc., Orlando, Florida.
- » TEASDALE J.R., 1996. Contribution of cover crops to weed management in sustainable agricultural systems. *Journal of Production Agriculture* 9, p. 475-479.
- » THORUP-KRISTENSEN K., MAGID J. et STOUHMANN JENSEN L., 2003. Catch crop and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Adv. Agron.* 79, p. 227-302.

Les modèles de prévision en cultures légumières

A quoi servent-ils ?

Les pertes dues aux maladies et ravageurs varient en fonction des situations : elles sont bien-sûr liées aux conditions de culture mais aussi aux conditions de l'année. Afin d'optimiser la protection des cultures, il est très intéressant d'anticiper l'apparition de certains ravageurs et maladies à l'aide de modèles de prévision des risques basés sur des données climatiques et prenant en compte pour certains d'entre eux des critères agronomiques (date de semis, variétés...). Les modèles sont utilisés pour des raisons environnementales et économiques (réduire le nombre et donc le coût des traitements) mais aussi agronomiques (pour mieux positionner les traitements et ainsi augmenter leur efficacité).

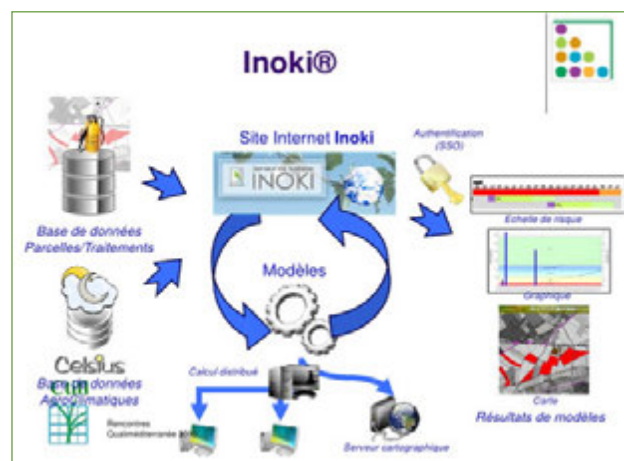
L'utilisation des modèles n'exclut pas l'observation régulière des parcelles, il la complète !

Le modèle permet de préciser des événements qui échappent à l'observateur (ex : maladie en incubation). Mais le modèle ne prévoit pas toutes les situations (microclimat, inoculum, niveau d'infestation...) et l'observation reste indispensable pour connaître la situation sanitaire sur la parcelle.

Comment fonctionnent les modèles ?

Les modèles sont souvent issus de travaux menés durant plusieurs années avec des expérimentations et validations conduites en conditions contrôlées et en plein champs. Plusieurs éléments sont nécessaires au fonctionnement des modèles :

- » un réseau de stations météorologiques avec un système de maintenance et de surveillance,
- » un logiciel d'interrogation et de stockage des données. Pour certains modèles, il est possible de prendre en compte des facteurs culturaux (date de semis ou de plantation, variété sensible ou tolérante, traitement...).



i Selon les modèles, les besoins sont différents (thermomètre, hygromètre, pluviomètre...) et certaines stations météorologiques peuvent ne pas être adaptées à tous les modèles.

Pour les insectes, la température conditionne leurs processus vitaux (croissance, alimentation, mobilité, développement, reproduction...). Il existe une température au-dessous de laquelle, ils ne peuvent se développer, c'est la température de base. Les insectes doivent ainsi accumuler un certain nombre de degrés jours pour passer d'un stade de développement au suivant.

Pour les maladies, plusieurs paramètres météorologiques peuvent affecter le développement des maladies (températures, précipitations, humidité relative, radiation solaire...).

Quels sont les modèles existants ?

La liste suivante est non exhaustive. D'autres types de modèles ou d'outils d'aide à la décision existent tel que DECID'HERB© qui propose des stratégies de lutte contre les adventices adaptées au contexte de chaque parcelle.

Modèle	Maladie ou ravageur
Alternariose du poireau	Alternariose du poireau
Tom Cast	Alternariose sur carotte
Contapré	Cécidomyie du chou-fleur
MidgEmerge	Cécidomyie du chou-fleur
Bremcast	Mildiou de la laitue
Milto	Mildiou de la tomate
Milart	Mildiou de l'artichaut
Miloni	Mildiou de l'oignon
Semiloni	Mildiou de l'oignon porte graine
Mildiou du melon DGAL	Mildiou du melon DGAL
SWAT Mouche de la carotte	Mouche de la carotte
Mouche de l'oignon	Mouche de l'oignon
SWAT Mouche du chou	Mouche du chou
Oidium du fraisier	Oidium du fraisier
Modèle EMR (East Malling Research)	Puceron lanigère de l'endive
Rouille de l'ail	Rouille de l'ail
Rouille poireau Fredon NPdC / Sileban	Rouille du poireau
Septoriose du céleri DGAL	Septoriose du céleri
Stemphyliose asperge	Stemphyliose asperge
Thrips du poireau Ctifl / Sileban	Thrips du poireau
Thrips du poireau DGAL	Thrips du poireau
Poireau-info (www.prei-info.be)	Alternaria sur poireau

Quelques exemples de modèles.

Modèle Miloni

Le modèle Miloni est un modèle d'alerte et de prévision des risques concernant le mildiou de l'oignon (*Peronospora destructor*). L'utilisation de ce modèle permet une meilleure optimisation des stratégies (positionnement du produit) et un meilleur respect de l'environnement. Un tel modèle a été mis au point et validé par Yves Monnet et ses partenaires de 1999 à 2002 (voir la fiche FREDON Nord Pas-de-Calais, 2005 ; Mise en oeuvre de la lutte raisonnée contre le mildiou de l'oignon à l'aide du modèle de prévision des risques Miloni en parcelle non irriguée).

→ **Symptômes** : Les signes précurseurs sont des décolorations localisées (halos jaunes et diffus). Si les conditions sont favorables, ces taches se couvrent d'un duvet gris violacé. Les taches se multiplient, ce qui entraîne le dessèchement et la nécrose des feuilles. La maladie se développe en foyer mais peut très rapidement se répandre sur toute la parcelle. L'apparition de foyers correspond souvent à des zones d'humidité persistante.



Figure 1 : Premiers symptômes de mildiou : halo jaune localisé



Figure 2 : Sporulation, feutrage gris violacé



Figure 3 : Mildiou développé, nécrose et début de dessèchement des feuilles

→ **Stade de sensibilité** : A partir du stade 2 feuilles de l'oignon. Après le stade tombaison, il n'y a plus vraiment d'impact sur le rendement, mais le dessèchement du feuillage empêche l'anti-germinatif de descendre.

→ **Cycle du mildiou** : Son cycle de développement se compose de 3 phases fondamentales : la contamination, l'incubation et la sporulation. La contamination suit forcément une sporulation. Certaines conditions sont nécessaires pour qu'il y ait une contamination (d'après Monnet Y, Thibault J, Legrand M) :

- » une hygrométrie supérieure à 92% pendant au moins 11h,
- » l'absence de pluie (supérieure à 1 mm),
- » des températures inférieures à 24 °C la veille.

Après chaque contamination, il y a incubation du champignon. La durée d'incubation va dépendre de la température. L'optimum se situe entre 15 et 17 °C. Elle dure au minimum 10 jours quand les conditions sont réunies. Les taches de mildiou apparaissent ensuite sur les feuilles de l'oignon.

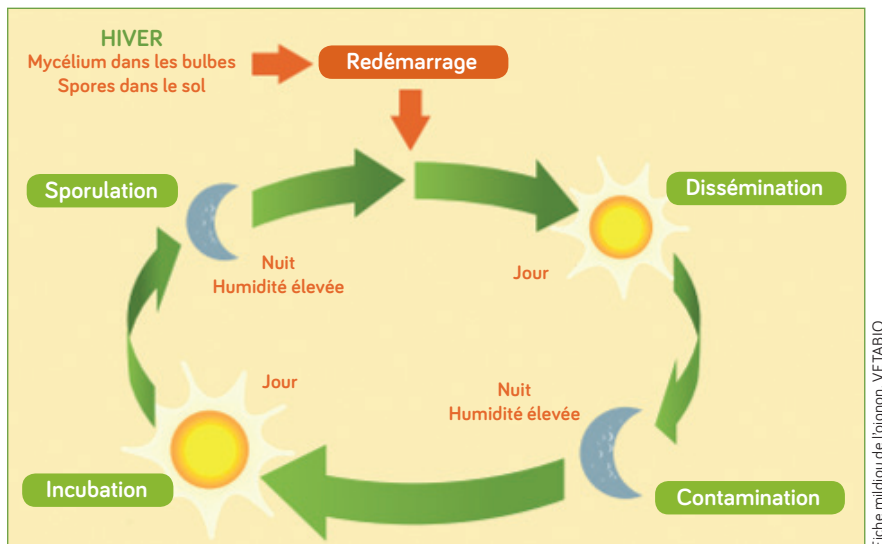


Figure 4: Cycle du mildiou

→ **Fonctionnement du modèle** : Le modèle détermine quotidiennement si les conditions météorologiques ont été favorables à la sortie de taches, préalables à l'émission de spores. Il recherche en continu les nouvelles contaminations. Il s'appuie sur les conditions climatiques du site (station météorologique à proximité). A partir des températures, de

la pluviométrie et de l'hygrométrie enregistrées, il calcule les dates de contamination et permet d'établir une date prévisionnelle de sortie de tache. Le BSV (Bulletin de Santé du Végétal) légumes Nord Pas-de-Calais - Picardie communique chaque semaine le tableau des dates prévisionnelles de sorties de taches par station météorologique.

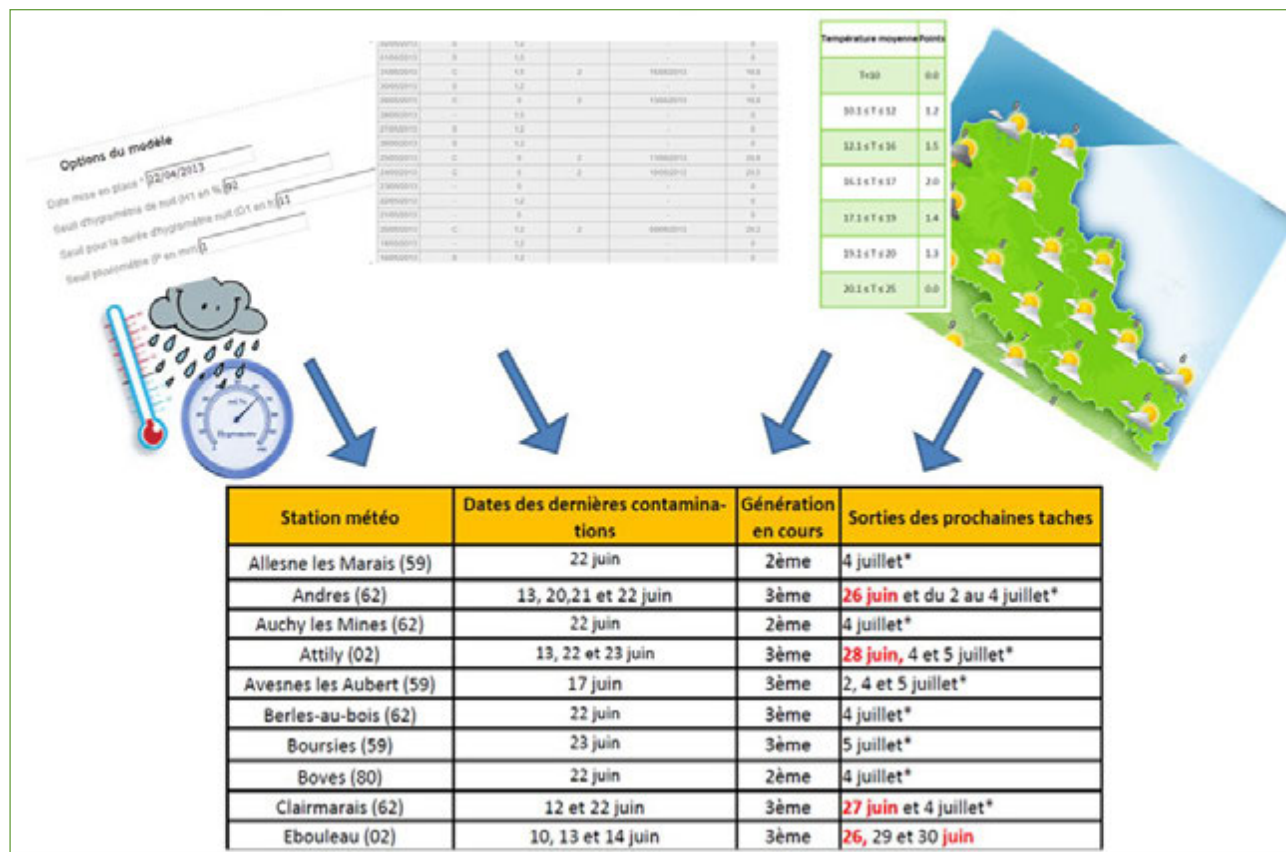


Illustration du fonctionnement du modèle

Attention, l'irrigation peut provoquer une nouvelle contamination en augmentant l'humidité sur le feuillage. Mais celle-ci n'est pas prise en compte par le modèle Miloni décrit dans le BSV, qui fonctionne par microrégions et non à la parcelle. Il ne peut pas prévoir chaque cas particulier. Il ne peut donc être gage d'efficacité mais confirme une tendance.

→ **Comment lire le modèle** : La première étape est de trouver, dans la première colonne du tableau, la station météorologique la plus proche de la parcelle d'oignons concernée. La deuxième colonne indique les dates des dernières contaminations. Si les conditions climatiques sont favorables, il faut au minimum 10 jours pour qu'il y ait une sortie de tache : si la contamination est très récente, le risque n'est donc pas imminent. Par contre, si la contamination est plus ancienne, il faut se reporter à la colonne « sorties des prochaines taches » pour savoir si la sortie de tache est imminente ou pas (risque élevé deux

jours avant la sortie de tache annoncée). Les dates de sortie de tache les plus proches sont signalées en rouge dans le BSV. La colonne « génération en cours » est très importante pour raisonner la première intervention. A la 1^{ère} génération, il n'y a aucun risque. Le risque démarre à la 2^{ème} génération pour les oignons bulbilles et échalotes de plantation ainsi que pour les oignons de semis dits « précoces ». A partir de la 3^{ème} génération, le risque concerne tous les oignons (semis et bulbilles) et échalotes.

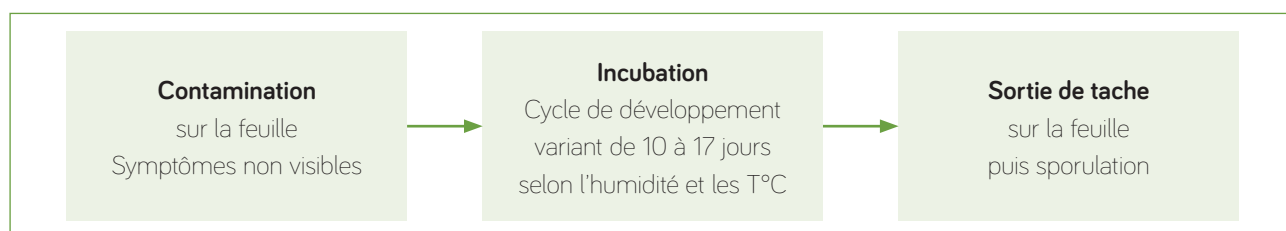


Figure 5 : Cycle du mildiou

→ **Intérêt du modèle** : Le modèle Miloni est un outil d'aide à la décision permettant d'optimiser la protection contre le mildiou. Mais il ne remplace pas l'observation sur le terrain ainsi que la connaissance de la parcelle et de l'environnement de celle-ci (climat, source d'inoculum...). Lors des années de faible pression, il permet de réduire considérablement le nombre d'interventions. Par exemple, en 1999, année de faible pression, l'utilisation du modèle a permis de

diviser par 4 le nombre de traitements (8 traitements pour la conduite dite de référence contre 2 pour celle dite « raisonnée » en utilisant le modèle) (voir la fiche FREDON Nord Pas-de-Calais, 2005 ; Mise en oeuvre de la lutte raisonnée contre le mildiou de l'oignon à l'aide du modèle de prévision des risques Miloni en parcelle non irriguée).

Pour aller plus loin :

- » FREDON Nord Pas-de-Calais. 2005. Fiche technique : Mise en oeuvre de la lutte raisonnée contre le mildiou de l'oignon à l'aide du modèle de prévision des risques Miloni en parcelle non irriguée". Disponible sur : http://www.fredon-npdc.com/fiches/_2005_24____mise_en_oeuvre_de_la_lutte_raisonnee_contre_le_mildiou_de_l_oignon_a_l_aide_du_modele_de_prevision_des_risques_miloni_en_parcelle_non_irriguee___fredon_npdc.pdf
- » Perus M. 2012. Stratégie de lutte contre le mildiou : où en est-on ? Info-CTIFL n°280, p 52-56.
- » Programme VETABIO : Comment lutter contre le mildiou de l'oignon en maraîchage biologique ? Disponible sur : http://www.cebio.be/documents_telechargeables/vetabio_Fiche_Mildiou-oignon.pdf

Modèle thrips (*Thrips tabaci*)

Le modèle thrips du poireau de la DGAL permet de suivre les vols de thrips (*Thrips tabaci*) grâce aux températures déjà enregistrées et aux températures moyennes des années précédentes. L'utilisation de ce modèle permet une meilleure optimisation des stratégies et un meilleur respect de l'environnement. Un tel modèle a été mis au point par Jonatan Edelson et J. Magaro (1998).

→ **Description** : Les thrips sont des insectes de forme allongée et de très petite taille (de 0,8 à 1,3 mm à la taille adulte, de 0,2 à 0,8 mm de long à l'état larvaire). La couleur varie en fonction de l'âge de l'individu et du climat : les jeunes larves sont de couleur jaune alors que les adultes peuvent prendre des teintes assez claires en été et brun foncées en hiver. Pour se nourrir, les thrips aspirent le contenu des cellules végétales provoquant ainsi de nombreuses petites taches blanches sur le feuillage. Les piqûres peuvent entraîner des pertes de rendement en cas de très fortes attaques (15 à 20% de pertes), mais elles provoquent surtout, lors de la commercialisation, le déclassement des poireaux trop touchés. Les thrips peuvent également transmettre des virus (YSV) ou favoriser l'apparition de champignons pathogènes secondaires comme l'alternaria.

→ **Stade de sensibilité** : Les dégâts de thrips sont irréversibles, tous les stades du poireau sont donc sensibles.



FREDON Nord Pas-de-Calais

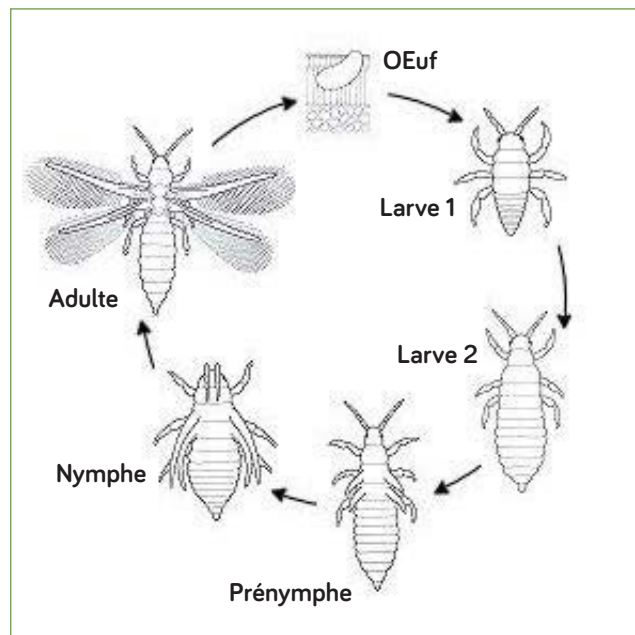
Figure 6 : Thrips sur poireau



FREDON Nord Pas-de-Calais

Figure 7 : Dégâts de thrips

→ **Cycle du thrips** : la reproduction de cet insecte est parthénogénétique, c'est-à-dire qu'il n'y a pas besoin de fécondation pour que l'espèce se reproduise, la majorité des individus sont donc des femelles. La femelle insère ses œufs (2 à 5 œufs par jour) sous l'épiderme des végétaux. La femelle vit 12 à 17 jours et peut donc pondre entre 20 à 120 œufs selon les sources. Leur incubation dure entre 2 et 8 jours. La durée du développement larvaire est comprise entre 4 et 15 jours selon les conditions climatiques. La larve se laisse ensuite tomber au sol pour se nymphoser. Au bout de 2 à 7 jours, les adultes émergent et migrent vers les plantes hôtes. Les thrips passent l'hiver sous forme adulte ou larvaire dans les couches superficielles du sol. Dès que les températures augmentent, les premiers individus apparaissent.



Copyright Koppert Biological Systems

Figure 8 : Cycle biologique du thrips



FREDON Nord Pas-de-Calais

Figure 9 : Larve de thrips (sous loupe binoculaire)



FREDON Nord Pas-de-Calais

Figure 10 : Adulte de thrips

→ **Fonctionnement du modèle** : A partir des températures enregistrées sur les stations météorologiques, le modèle est capable de simuler le développement des différentes générations de thrips et de prévoir les périodes d'émergence des adultes. Le calcul démarre au 1^{er} janvier. A partir de cette date, il additionne les températures moyennes ((température minimum + température maximum) / 2) supérieures à 11,5°C. Pour passer du stade œuf au stade larvaire, il faut 95,4°C cumulés. Pour passer du stade larve au stade adulte, il faut 132,8°C cumulés à partir de l'émergence de la larve.

Stade	Somme des températures supérieures à 11,5°C
OEuf → Larve	95,4 °C
Larve → Adulte	132,8 °C
Total	228,2°C

→ **Comment lire le modèle** : L'hivernation se passe au stade larvaire ou adulte. La reprise de l'activité et du développement a lieu au printemps lorsque les températures moyennes journalières sont supérieures à 11,5°C. Le premier vol est issu des individus hivernant sous la forme adulte qui émergent dès que les températures se réchauffent. Ce premier vol n'est pas signalé sur le graphique. Le deuxième vol est issu des larves hivernantes, il est noté L1 sur le graphique. En fonction des conditions climatiques de l'hiver, ces vols sont souvent peu intenses. Un hiver froid favorise la mortalité des larves et des adultes. Les autres vols (sur le graphique A1, L2, A2 et L3) rencontrent des conditions plus favorables à leur développement. Sur la Figure n°11, les flèches noires représentent les vols ayant déjà eu lieu. Les dates précédées d'un L sont les vols issus des larves hivernantes (1 = 1ère génération, 2 = 2^{ème} génération...), les dates précédées d'un A sont les vols issus des adultes hivernants. Ces vols sont calculés en fonction des températures enregistrées sur la station météorologique (ici à Lorgies, Pas-de-Calais). Le vol L3 (en pointillé orange) est prévue au 27 août, cette prévision est calculée en fonction de la moyenne des températures des années précédentes. Sur le graphique, les courbes en bleu, vert et jaune représentent l'évolution du nombre de thrips capturés par plaque et par jour sur les pièges chromatiques bleus selon les sites de piégeage.

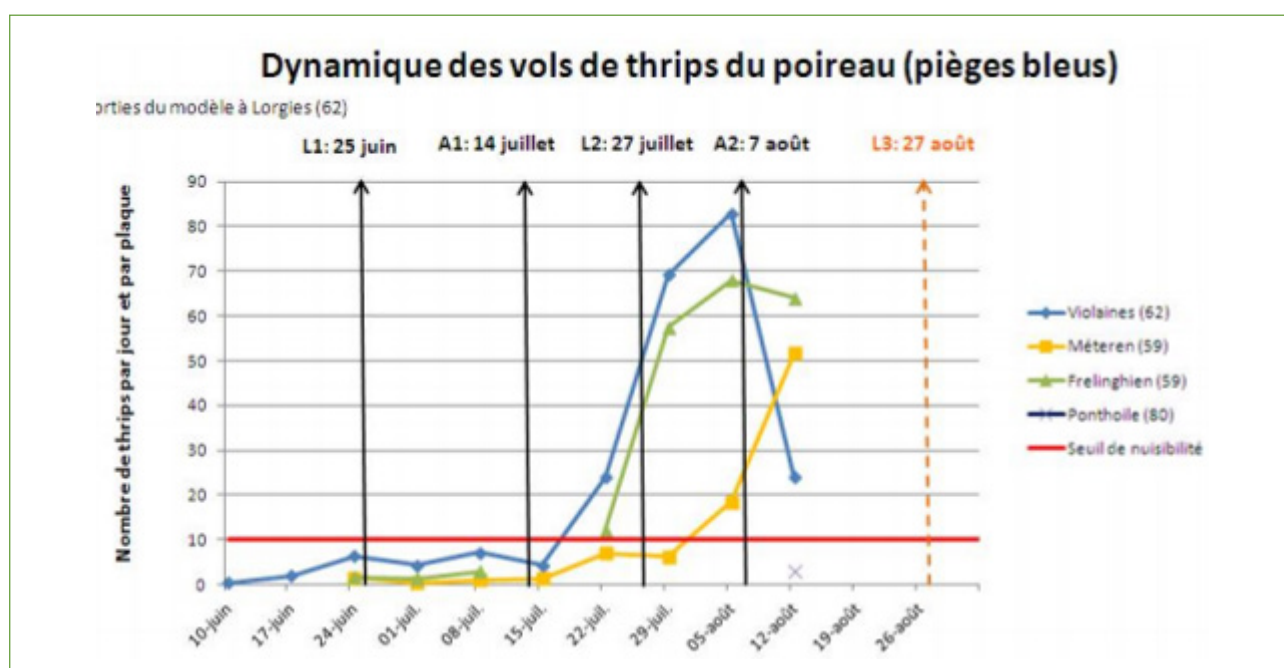


Figure 11 : Simulation issue du modèle thrips DGAL - Inoki®

Légende

- L1= Vol issu de la première génération de larves hivernantes
- A1= Vol issu de la première génération d'adultes hivernants
- L2= Vol issu de la deuxième génération de larves hivernantes
- A2= Vol issu de la deuxième génération d'adultes hivernants
- L3= Vol issu de la troisième génération de larves hivernantes

→ Compléments pour l'observation et la prise de décision :

Le modèle indique les périodes à risque pendant lesquelles l'observation doit être renforcée. Lorsque les températures sont fraîches ou que la pluviométrie est importante, les thrips se situent plutôt au niveau de la gaine des feuilles. Lorsque le temps est ensoleillé, on peut les observer sur les parties supérieures du feuillage. Le seuil d'intervention est de 1 thrips par poireau mais il peut varier en fonction du mode de commercialisation et de la période de récolte. Les piégeages chromatiques (plaques bleues engluées) permettent aussi

de suivre l'intensité des vols sur la parcelle, cependant le comptage des thrips requiert une loupe binoculaire et une formation, elle n'est pas forcément applicable sur toutes les parcelles. De plus, en automne, le nombre de captures n'est plus proportionnel à la population car les vols sont réduits. La stratégie de protection doit se baser sur les périodes de vol car une fois installés, les thrips se déplacent peu. La protection au moment des vols de thrips permet de maintenir un feuillage relativement indemne de piqûres.

Pour aller plus loin :

- » FREDON Nord Pas-de-Calais, Fiche technique : « Stratégies de lutte intégrée contre *Thrips tabaci* en culture de poireau dans le Nord Pas-de-Calais ». Disponible sur : http://www.fredon-npdc.com/fiches/_2004_21____strategies_de_lutte_integree_contre_le_thrips_tabaci_en_culture_de_poireaux_dans_le_nord_pas_de_calais____fredon_npdc.pdf
- » Chambre d'Agriculture de Bretagne (2005), Maladies et ravageurs des légumes de plein champ en Bretagne, 150 p.
- » Picault S. (2009). Le poireau. 215 p.
- » Villeneuve & al. 1999. Le thrips du poireau : Comment raisonner les interventions ? Quelles stratégies ? Infos Ctifl n°150, p 44-49

Modèle puceron lanigère des racines

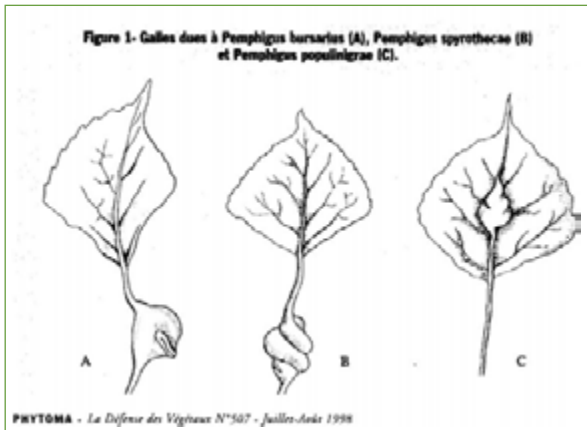
Le modèle de l'EMR (East Malling Research) permet de suivre le vol du puceron lanigère des racines (*Pemphigus bursarius*) au printemps. Un tel modèle a été mis au point et validé par Rosemary Collier et ses collaborateurs (1994).

→ **Description** : Les pucerons sont de forme ovoïde et mesurent moins de 3 mm. La couleur varie du jaune verdâtre au vert grisâtre. Leur présence se manifeste par l'apparition d'un feutrage blanc caractéristique autour des racines et sur la terre adhérente. Ce feutrage blanc est dû à la production par les pucerons d'une sécrétion cireuse constituée de fins filaments cotonneux qui finissent par recouvrir l'insecte. Selon les années, leur présence peut ne pas avoir d'impact significatif sur la culture ou, comme en 2003 et lors d'années sèches, entraîner des diminutions de 30 à 50 % de la masse racinaire. Les foyers d'infestation sont souvent visibles au moment de l'arrachage.



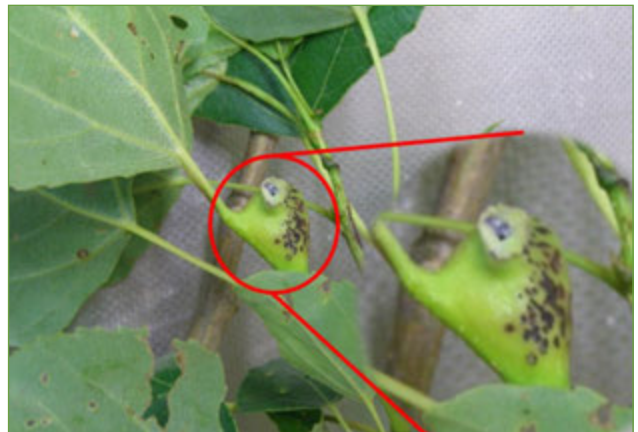
FREDON Nord Pas-de-Calais

Figure 13 : Feutrage blanc sur une racine d'endive



François Leclant, Les Pemphigiens du peuplier et la gallophorèse, inographie Nicole Guervin, Phytoma n° 507, juillet-août 1998, p15

Figure 14 : Galles dues à *Pemphigus bursarius* (A), *Pemphigus spyrothecae* (B), *Pemphigus populinigræ* (C)



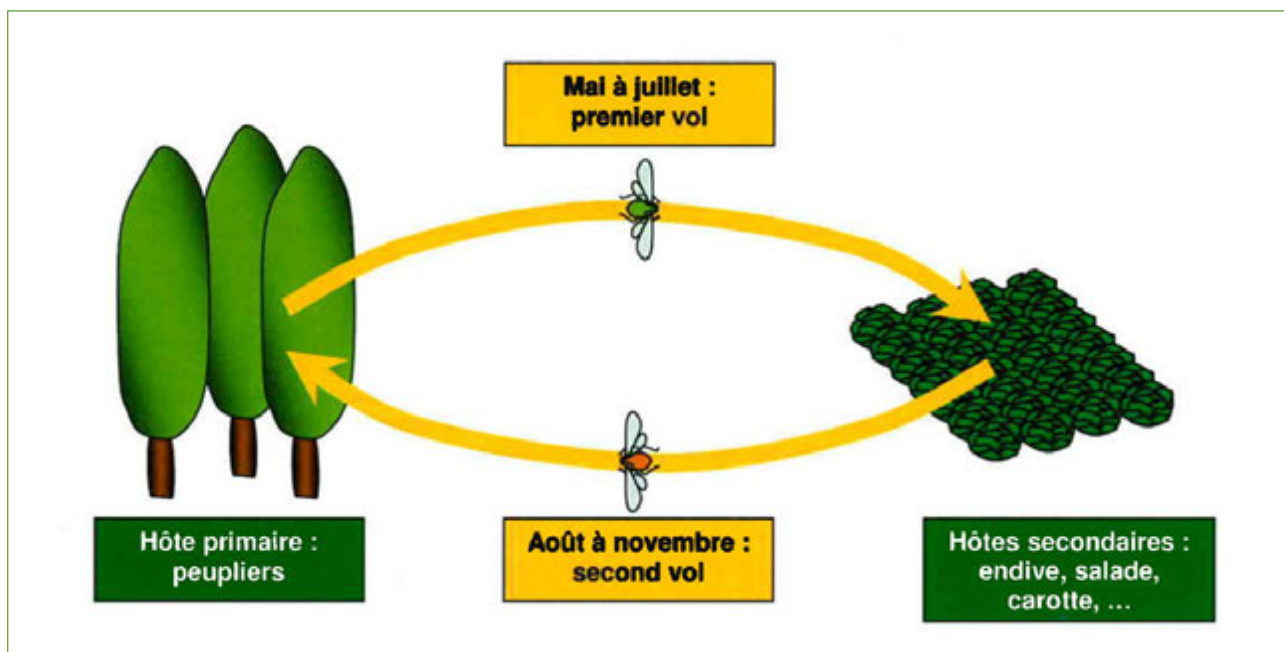
FREDON Nord Pas-de-Calais

Figure 15 : Galle de *Pemphigus bursarius*

→ **Stade de sensibilité** : Le stade de développement de l'endive au moment de l'arrivée du vol ne semble pas être un facteur limitant la colonisation des racines par les pucerons.

→ **Cycle du puceron lanigère** : Son cycle de développement est assez complexe. En hiver, ce puceron se conserve sur son hôte primaire : le peuplier. Les œufs se trouvent dans les anfractuosités des écorces de l'arbre. Au printemps, les femelles piquent les pétioles, ce qui provoque la formation de galles sur les pétioles des feuilles de peuplier. Au printemps et en début d'été, les femelles ailées abandonnent ces galles et vont coloniser les racines de leurs hôtes secondaires

appartenant à la famille des Astéracées (Composées) dont l'endive fait partie. Les femelles donnent naissance à plusieurs générations de pucerons aptères qui vont gagner les racines. La reproduction est parthénogénétique (sans fécondation). En fin d'été et début d'automne, des ailés apparaissent de nouveau, ce sont eux qui vont rejoindre l'hôte primaire et pondre les œufs.



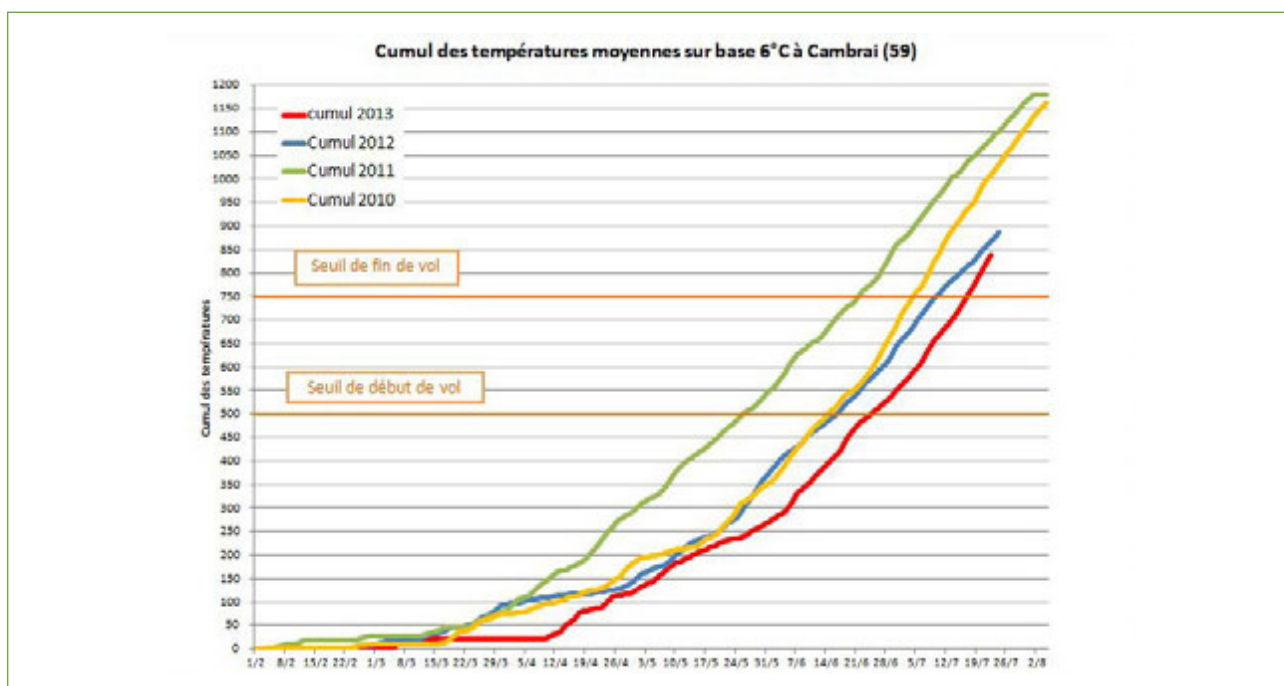
FREDON Nord Pas-de-Calais

Figure 16 : Période de vol et plantes hôtes du puceron lanigère

→ **Fonctionnement du modèle** : La majorité du vol de puceron lanigère de l'endive a lieu entre 500°C et 750°C cumulés. Pour calculer ce cumul des températures, la moyenne journalière des minimums et maximums est faite en base 6°C à partir du 1^{er} février de chaque année (\sum température moyenne journalière - 6°C).

→ **Comment lire le modèle** : La courbe en rouge indique le cumul des températures moyennes sur une base 6°C de l'année en cours. A la date où la courbe croise l'axe des abscisses à 500°C cumulés, le vol de printemps (arrivée des ailés sur la culture) débute théoriquement. A la date où la

courbe croise l'axe des abscisses à 750°C cumulés, le vol se termine théoriquement. En 2013, à Cambrai (59), le vol de pucerons lanigères a donc eu lieu théoriquement entre le 25 juin et le 17 juillet.



BSV Légumes Nord Pas-de-Calais - Picardie

Figure 17 : Courbes des températures sur base du modèle de l'EMR pour le suivi du vol du puceron lanigère des racines

→ **Intérêt du modèle** : Lorsque les individus aptères sont observés sur les racines, il est difficile de limiter le développement des populations, c'est pourquoi il est important de connaître la période d'infestation au printemps. Le début du vol prédit par le modèle correspond généralement assez bien aux captures faites sur le terrain dans des bacs jaunes.

Néanmoins, l'utilisation de bacs jaunes reste nécessaire pour suivre à la fois l'importance du vol du puceron lanigère des racines mais aussi pour détecter la présence d'auxiliaires tels que *Thaumatomyia spp.*. De plus, les bacs jaunes permettent aussi de détecter la mouche de l'endive (*Napomyza cicorii* Spencer).

Pour aller plus loin :

- » FREDON Nord Pas-de-Calais, Fiche technique : « Les pucerons des racines des cultures légumières : *Pemphigus spp.* ». Disponible sur : http://www.fredon-npdc.com/fiches/_2005_26____les_pucerons_des_racines_des_cultures_legumi-eres_pemphigus_spp____fredon_npdc.pdf
- » FREDON Nord Pas-de-Calais, DEWAEGENEIRE P., MILLEVILLE C., CENIER C., Fiche technique : Thaumatomyia spp mouches prédatrices du puceron des racines de l'endive (*Pemphigus bursarius*). Disponible sur : http://www.fredon-npdc.com/fiches/fiche_technique_thaumatomyia_impression_3__fredon__final.pdf
- » Sanvicente P., Begnini M., Cassan L., 2011. Puceron des racines (*Pemphigus bursarius*) en endive. Etat des lieux et perspectives. Info-Ctifl n°277, p 56-61.
- » Sanvicente P., Marle M., Begnini M., Olivier C. 2010. Production d'endives la protection sanitaire au champ. Info-Ctifl n°258, p 37-40.

Le désherbage mécanique

L'Union européenne a mis en place en 2009 une directive dont l'objectif est de réduire l'usage des produits phytopharmaceutiques. Tous les agriculteurs doivent appliquer les principes de base de la protection intégrée des plantes. Cette directive crée de nouvelles opportunités pour le désherbage mécanique. Les problèmes générés par la résistance des adventices aux herbicides et la réduction constante des produits autorisés augmentent en outre l'intérêt

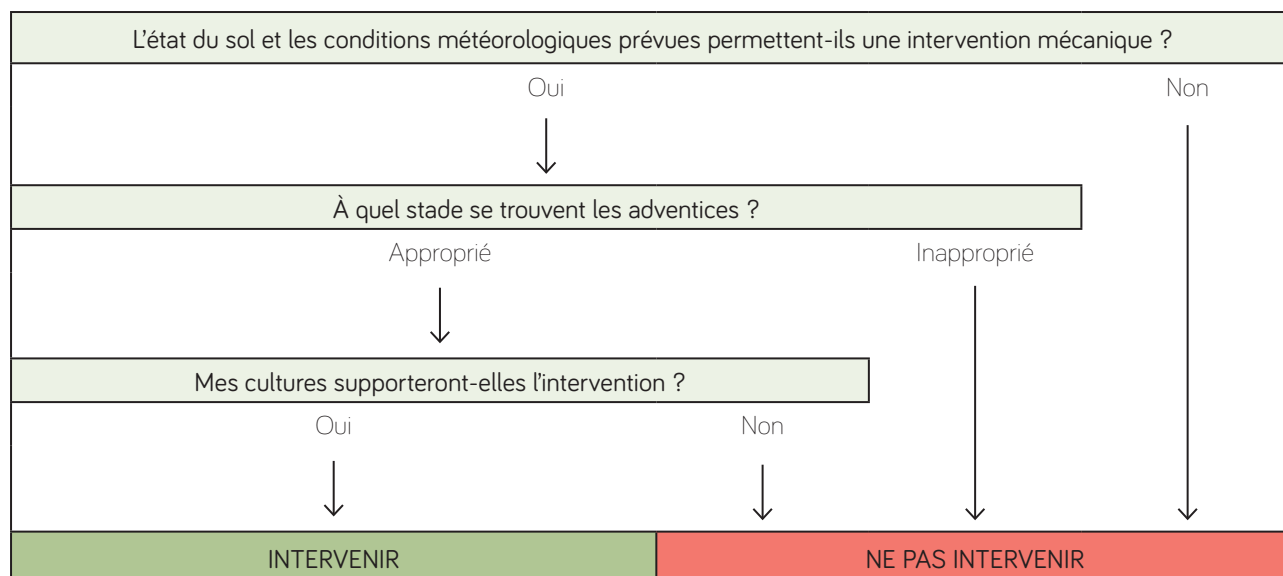
suscité par les possibilités qu'offre le désherbage mécanique. Les producteurs flamands qui se lancent dans un désherbage mécanique total sont encouragés par les autorités flamandes qui leur octroient une aide financière de 260 € / ha.

En production biologique, le désherbage se fait aujourd'hui, en dehors du travail manuel, principalement par voie mécanique. Voilà pourquoi les nouvelles techniques et les publications proviennent souvent de ce secteur.

Une première étape indispensable : organiser et planifier le désherbage

- » Vous devez connaître votre sol !
 - La pression d'adventices était-elle jadis forte sur cette parcelle ?
 - Sol léger → convient extrêmement bien au désherbage mécanique.
 - Sol lourd → attention à ne pas endommager la structure.
- » Évaluez le temps requis pour des interventions mécaniques. Vous éviterez ainsi de vous faire déborder pendant les périodes plus chargées. Le réglage des machines demande également du temps.
- » Anticipez une légère perte de rendement dans les cultures semées due aux multiples passages. Augmentez la densité de semis de 10 % pour compenser cette perte.
- » Uniformisez l'intervalle entre les lignes pour les diverses cultures, ou limitez le nombre d'inter-lignes de largeurs différentes. Vous économiserez ainsi un certain temps de réglage si vous n'utilisez qu'une seule machine. Tenez toujours compte des ornières du tracteur.
- » Fixez solidement les éléments servant à semer ou planter sur le porte-outil pour éviter qu'il n'y ait du jeu. Vous obtiendrez ainsi des lignes droites présentant un intervalle constant.
- » Préparez correctement votre sol.
 - Nivelez bien le sol, puis tassez-le de façon uniforme.
 - Supprimez les grosses mottes.
 - Évitez toute différence brusque de niveau (due, par exemple, à la formation d'une ornière).

Planifiez l'intervention à l'aide d'un arbre de décision



L'état du sol et les prévisions météorologiques

Si le sol a suffisamment séché après une période pluvieuse (si la terre ne reste pas collée aux roues du tracteur), n'attendez pas trop longtemps avant de désherber, surtout si de nouvelles pluies sont annoncées. Si une intervention est prévue le lendemain, mais que de la pluie est annoncée, n'hésitez pas à avancer votre intervention et à désherber le jour même. La destruction sera généralement optimale si le temps reste sec encore un ou deux jours après l'intervention, car les racines mises à nu sèchent, ce qui évite la reprise des adventices. Si, malgré tout, il se met à pleuvoir peu après l'intervention mécanique, une partie des adventices repoussera inévitablement. Toutefois l'impact de ces repousses sera moins important qu'en cas d'annulation du désherbage.

Le stade de développement des adventices

La règle de base dans l'élimination mécanique des adventices est de les combattre lorsqu'elles sont encore petites. Même si elles sont peu visibles dans le champ, leur élimination sera optimale aux stades « cotylédons » et « 1ère feuille ». Plus l'intervention sera précoce, moins les racines seront développées et plus il sera facile d'éliminer ces plantes indésirables. Le binage ou le brûlage sont des techniques permettant d'atteindre les adventices de plus grande taille.

La culture supportera-t-elle l'intervention ?

Soyez prudent si la culture se trouve encore à un stade de développement très précoce. Dans le cas de cultures plantées, faites en sorte d'utiliser des plants suffisamment solides. Le mieux est de réaliser la première intervention entre 10 et 14 jours après la plantation, même si peu d'adventices sont visibles. Pour des cultures semées, veillez à ce que les jeunes plantes soient assez enracinées au moment de l'intervention pour qu'elles ne soient pas arrachées du sol. Les dégâts subis par la culture dépendront aussi de l'appareil utilisé. Toutefois, ne sous-estimez pas les plantes cultivées : elles supportent souvent bien plus les interventions que vous ne l'imaginez.

Avant le semis

Avant de semer, on peut réaliser un faux-semis pour épuiser le stock de graines d'adventices. La terre est préparée pour le semis, mais on ne sème pas immédiatement, ce qui donne aux adventices le temps de germer. Ce faux-semis peut être maintenu pendant deux ou trois semaines, voire davantage en fonction des conditions climatiques et du temps disponible avant la mise en place de la culture. Les adventices ayant besoin d'un certain temps pour germer, toute préparation du sol moins de 14 jours avant le semis n'aurait que peu d'effet. Le faux-semis ne doit être travaillé qu'en surface pour éviter de faire remonter à la surface de nouvelles graines d'adventices. Le faux-semis est donc une technique adaptée à la culture à plat;

dans le cas de cultures sur buttes, il n'y a quasiment aucune utilité. En effet, la formation des buttes entraîne un travail du sol sur une épaisseur trop importante, remontant à la surface des nouvelles graines d'adventices. Les adventices en pleine germination peuvent être détruites avec une herse étrille, un désherbeur thermique ou avec une bineuse. Un faux-semis est incontournable pour les plantes à germination lente (comme les carottes).

Avant la levée de la culture

Des recherches ont montré que l'élimination des adventices avant la levée de la culture influençait fortement le résultat final. Les mauvaises herbes qui germent plus rapidement que la plante cultivée peuvent ainsi être détruites (par exemple avec un désherbeur thermique). Il est également possible de procéder à un travail superficiel du sol avec une herse étrille, à condition que la culture ait été semée à une profondeur suffisante et que les graines soient déjà fixées. Il est conseillé de contrôler le stade de croissance des plantes cultivées avant l'intervention pour éviter d'abîmer les plantules fragiles.

Pendant la culture

Pendant la culture, il est nécessaire de travailler régulièrement le sol pour détruire au fur et à mesure des levées, les adventices. À nouveau, plus les interventions auront lieu à des stades précoces, plus l'élimination sera efficace !

Pour certaines cultures relativement robustes, comme les poireaux, oignons, pois, choux ou betteraves, une intervention en plein, sur toute la surface, peut s'avérer rentable. Dans ce cas, on désherbe indépendamment des lignes (herse étrille, houe rotative, désherbeur thermique). Cette technique est impraticable juste après la germination ou la plantation du fait du faible enracinement des plantes. En revanche, passé un certain stade, la plante s'accroche suffisamment dans le sol et les plus petites adventices peuvent être éliminées de façon sélective. Ne prévoyez donc pas une telle intervention trop tôt : vous éviterez ainsi tout risque d'arracher la plante du sol.

Pour les plantes cultivées en lignes ou sur des billons, une intervention entre les lignes ou les billons est souvent rapide et efficace (bineuse). Essayez de travailler au plus près de la ligne, mais tout en veillant à ne pas provoquer de dégâts. Un choix adapté du matériel (lames de sarcloir, doigts), un bon mécanisme de conduite et un réglage précis (résistance, hauteur, inclinaison) sont d'une importance primordiale pour éliminer efficacement les adventices. Désherber sur la ligne ou sur le billon représente un défi bien plus important qu'entre les lignes ou les billons. En effet, avec une machine, il n'est pas évident de différencier les mauvaises herbes des plantes cultivées.

Équipement de base pour une bonne gestion des adventices

Interventions en plein

Bineuse (avant le semis)

Une bineuse se compose d'un châssis porte-outil sur lequel sont montés les éléments servant au binage. Ces derniers existent en plusieurs dimensions et modèles, en fonction de l'objectif visé. En ce qui concerne la conduite, ce sont surtout les modèles tirés et portés à l'arrière qui sont faciles à manipuler. Une bineuse placée à l'avant du tracteur exige un conducteur habile. Le principe est que les lames fendent le sol à environ 2 cm sous la surface et recouvrent les adventices présentes avec une fine couche de terre. Chaque lame peut être ajustée en hauteur séparément, ce qui permet de régler les binettes situées juste derrière les roues du tracteur pour augmenter leur profondeur. Pour de petites surfaces, il existe la bineuse à roue.



Figure 1 : Socs bineurs

La houe rotative (pendant la culture)

La houe rotative est constituée de disques verticaux en forme d'étoile, fixés sur un châssis par l'entremise d'un bras flexible. Les extrémités pointues des disques, qui sont munies de « cuillères », émiettent la surface du sol et déracinent les petites adventices. Pour obtenir un bon résultat, cette machine doit être tractée à une vitesse relativement élevée (15 à 20 km/h).



Figure 2 : Houe rotative désherbant en plein champ et à une vitesse élevée

La herse étrille (avant et pendant la culture)

La herse étrille se compose de dents flexibles suspendues à un râtelier. Ce râtelier est tracté de telle sorte que les dents émiettent le sol et déracinent les jeunes adventices. Il est important que ces dernières puissent être déracinées au stade de la germination. Si les adventices sont déjà enracinées solidement, vous devrez alors peut-être prévoir un réglage plus « agressif » des dents, ce qui augmente les pertes au niveau de l'espèce cultivée. La herse étrille innovante de Treffler est équipée de dents dont l'agressivité est réglée par le biais d'un ressort. Tous les ressorts peuvent être réglés sur un axe central.



Figure 3 : La herse étrille de Treffler

Le désherbeur thermique (avant et pendant la culture)

Si la pression d'adventices est importante et si l'effet d'engins tels que la herse étrille ou la houe rotative est insuffisant, le désherbage peut être réalisé à l'aide d'un brûleur. Outre les adventices déjà germées, ce désherbeur peut également anéantir une partie des graines d'adventices, des bactéries et des champignons présents dans le sol. Veillez à ne pas endommager les jeunes plantes cultivées en cours de germination ! La ligne cultivée peut être protégée à l'aide de plaques afin d'intervenir entre les rangs. Il arrive également que des désherbeurs thermiques soient utilisés dans la ligne même, mais seulement si les plantes sont suffisamment solides et peuvent résister à un tel brûlage. Des brûleurs à main ont été conçus pour les petites surfaces, permettant ainsi un travail plus ciblé.

Interventions sur les inter-rangs

La bineuse

La bineuse est l'appareil par excellence pour désherber entre les lignes, mais sa conduite est délicate. Sur certains modèles, une deuxième personne est assise sur le châssis de la bineuse, d'où elle corrige la hauteur et les mouvements latéraux.



Figure 4 : Pour travailler avec davantage de précision, le châssis de la bineuse est réglé pendant le binage

Interventions sur le rang

Le buttage

Le principe du buttage est de recouvrir les jeunes adventices présentes sur la ligne d'une couche de terre issue de l'inter-rangs. Dans ce cas, les plantes cultivées doivent être suffisamment grandes. Le résultat ne sera en effet correct que si les adventices sont recouvertes d'au minimum 4 cm de terre.

La sarceuse à doigts

La sarceuse à doigts est constituée de disques installés en oblique et munis de protubérances droites et pointues : les doigts. À chaque passage, les disques longent la ligne, tandis que leurs doigts pénètrent dans le sol. Les jeunes adventices sont déracinées et même souvent retirées du

rang. Cette technique endommage peu les cultures (la plante est approchée sous le feuillage) et sa peut être utilisé sur de nombreuses cultures. Les doigts sont en caoutchouc ou en plastique, avec une flexibilité variable. L'intensité peut être adaptée en chevauchant plus ou moins les doigts. Il existe donc en fonction du type de sol et de la solidité de la plante une sarceuse à doigts optimale offrant une pénétration suffisante, mais sans pratiquer un désherbage trop agressif. L'un des avantages de cette machine est la possibilité de sarcler rapidement. Les doigts tournent plus rapidement si le tracteur accélère.



Figure 5 : Sarceuses à doigts suivies par des binettes, permettant de désherber aussi bien sur le rang qu'entre les rangs en un seul passage.

La bineuse à torsion

À l'instar de la sarceuse à doigts, le fonctionnement de la bineuse à torsion est basé sur la différence du degré d'enracinement entre les plantes cultivées et les adventices. On fixe sur un châssis standard des dents montées de façon à former un V. Les dents peuvent se déplacer de côté grâce à des ressorts. Tout ce qui se présente entre deux dents et ne tient pas assez solidement est arraché. L'agressivité peut être réglée en fonction du chevauchement des dents et de la tension du ressort. Cette machine convient pour des plantes solides telles que des haricots, choux ou salades. Le résultat obtenu s'est révélé encore meilleur en faisant suivre la bineuse à torsion par une sarceuse à doigts.

Interventions sur buttes

Pour les plantes cultivées sur buttes (comme la carotte, le poireau et l'endive), il est possible de désherber au-dessus de la butte avant la levée des plantes cultivées. Après que les plants soient sortis de terre, il devient délicat de désherber sur la butte, car il ne reste que peu de marge de manœuvre. Il est alors nécessaire d'assurer un passage très lent et précis. Généralement, on commence par retirer une partie de la terre du talus avec des disques, pour ensuite le rebutter et tasser.

Le désherbage manuel

L'utilisation de machines ne permet pas toujours d'éliminer l'intégralité des adventices, de telle sorte qu'un complément de désherbage manuel est parfois nécessaire. Dans le cas d'une production biologique, comme celle des carottes, il faut prévoir la main d'œuvre et le financement nécessaire pour le désherbage à la main. L'avantage de cette approche est de travailler avec une très grande précision et d'éliminer les adventices difficilement accessibles. Ses inconvénients sont l'intensité du travail requis, la pénibilité et le fait que les interventions manuelles prennent énormément de temps.

La binette et le sarcloir

Ces outils simples vous permettent d'éliminer des adventices présentes sur la ligne cultivée ou aux endroits difficilement accessibles. Il existe différentes formes et dimensions en fonction de la culture ou du type de sol.

Le lit de désherbage

Cet appareil, qui est souvent fabriqué en version automotrice. Il est pratique lorsque l'entreprise dispose de très petites cultures. Un lit de désherbage offre une solution ergonomique pour le binage souvent intensif, étant donné que les personnes chargées du désherbage sont « suspendues » à l'horizontale au-dessus du champ et ne doivent donc pas se pencher.



Figure 6 : Le lit de désherbage, un grand pas en avant en matière d'ergonomie

Combiner les moyens mécaniques aux solutions chimiques

Dans le cadre de la protection intégrée des cultures, l'usage de produits de synthèse est retardé le plus longtemps possible, bien qu'ils soient parfois nécessaires. Pour le désherbage, l'utilisation combinée de moyens mécaniques et chimiques représente souvent une mesure très efficace. On peut ainsi monter sur le châssis un système permettant de pulvériser

sur le rang après le passage des socs ou des dents de la bineuse. Avec le traitement localisé, il est également possible de lutter de façon ciblée contre les mauvaises herbes, tout en limitant la quantité d'herbicide. L'idéal étant que l'élimination mécanique intervienne à un stade précoce de la croissance de l'adventice, une dose très faible sera souvent suffisante pour détruire complètement les adventices déjà perturbées lors de l'intervention mécanique.

Les avancées technologiques

La conduite des sarcleuses sur les rangs et les inter-rangs est de plus en plus précise grâce aux commandes informatiques. La technologie GPS permet d'aménager de semer bien droit. On peut ensuite, en utilisant les coordonnées mémorisées, désherber très rapidement et très près des cultures (jusqu'à quelques centimètres). La reconnaissance des rangs par caméras est également une option permettant aux engins d'opérer avec précision. Les innovations permanentes en matière de reconnaissance des plantes et de conduite de machine par ordinateur permettront certainement au désherbage mécanique de passer à un niveau supérieur dans les prochaines années.

Grâce à la conduite d'éléments individuels de l'engin (les socs ou dents de la bineuse par exemple) à l'aide de capteurs numériques, il est possible de procéder à une élimination sélective des adventices entre les plantes cultivées. Ces dernières années, d'énormes investissements ont été réalisés dans l'imagerie électronique pour permettre la reconnaissance des plantes indésirables.



Figure 7 : Le robocrop, une technologie de reconnaissance des plantes permettant de biner sur la ligne

Pour aller plus loin :

Publications

- » PCBT (*Interprovinciaal Proefcentrum voor de Biologische teelt* ou *Centre expérimental interprovincial pour la culture biologique*) : Mécanische onkruidbestrijding in prei en kool lukt ook in Belgische zomer 2007; Groentemail Beitem 2007 nr.5 (L'élimination mécanique des adventices dans les cultures de poireaux et de choux : une réussite également au cours de l'été 2007 en Belgique ; Groentemail Beitem 2007, n° 5)
- » PCBT (*Interprovinciaal Proefcentrum voor de Biologische teelt* ou *Centre expérimental interprovincial pour la culture biologique*) : Kleinschalige mechanische onkruidbestrijding; juli 2008 (L'élimination mécanique des adventices à petite échelle ; juillet 2008)
- » PCBT (*Interprovinciaal Proefcentrum voor de Biologische teelt* ou *Centre expérimental interprovincial pour la culture biologique*) : Afstelling schoffelmachine draagt bij tot geslaagde onkruidbestrijding in bloemkool; Groentemail Beitem 2008 nr. 4 (Le réglage de la bineuse contribue à la réussite de l'élimination des adventices dans les cultures de choux-fleurs ; Groentemail Beitem, 2008, n°4)
- » PCBT (*Interprovinciaal Proefcentrum voor de Biologische teelt* ou *Centre expérimental interprovincial pour la culture biologique*) : Onkruidbestrijding in de biologische groenteteelt; INTERREG IV – VETABIO 2012 (L'élimination des adventices dans la culture de légumes biologiques ; INTERREG IV – VETABIO 2012)
- » Praktisch onkruidbeheer; 2006; Applied plant research (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.) (Gestion pratique des adventices ; 2006 ; recherche appliquée sur les plantes (Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.))
- » Alles over mechanische onkruidbestrijding; Groenten en Fruit; oktober 2014; (Tout sur l'élimination mécanique des adventices ; Légumes et fruits ; octobre 2014) <http://www.gfactueel.nl/Global/Whitepapers/Whitepaper%20onkruid%20GF.pdf>
- » Le désherbage mécanique des légumes en région Picardie ; ÉCOPHYTO 2018
- » Guide pratique pour la conception de systèmes de culture légumiers économes en produits phytopharmaceutiques ; ÉCOPHYTO 2018 ; http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_le_gumes_Fiches_Techniques_cle067b82.pdf

Sites Internet

- » Autorités flamandes ; <http://lvlaanderen.be/nlapps/docs/default.asp?id=141>
- » Vlaams Ruraal Netwerk (réseau rural flamand) ; dispositions relatives aux subsides ; http://www.ruraalnetwerk.be/sites/default/files/pagina_files/Fiche17%20Subsidie%20mechanische%20onkruidbestrijding.pdf
- » Kennisakker (site d'information néerlandais sur les cultures)
- » <http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/document/innovatie-de-mechanische-onkruidbestrijding>
- » <http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/document/mogelijkheden-van-mechanische-onkruidbestrijding-de-gewasrij>
- » Gestion pratique des adventices ; <http://www.ppo.wur.nl/uk/publications/publications+ppo/agv/>

Vidéos

- » Le désherbage mécanique par l'UCANR : <https://www.youtube.com/watch?v=l4kzebMG6rE>
- » Le désherbage mécanique par le FIBL : <https://www.youtube.com/watch?v=kGWNsgttNXk>

Les filets et le matériel de couverture

Les filets ou le matériel de couverture sont des produits placés au-dessus des cultures afin de les protéger ou d'influencer favorablement leur croissance. Les applications sont les suivantes:

- » protection contre des ravageurs tels que la mouche mineuse du poireau, la mouche du chou, la mouche de la carotte et les thrips ;
- » protection contre les conditions météorologiques néfastes, telles que la neige ou des températures basses ;
- » création d'un microclimat pour avancer la récolte.

Les filets sont intéressants dans le cadre de la protection intégrée car ils permettent de lutter contre les insectes tout en limitant l'impact sur l'environnement. En Flandre, 50 % de soutien financier GMO est possible pour l'achat de filets.

Caractéristiques du matériel

Chaque filet ou toile présente des propriétés caractéristiques. Certains paramètres sont plus importants que d'autres en fonction de l'usage visé.

- » La taille de la maille est un facteur très important. Celle-ci influence la diminution de la luminosité, la circulation de l'air, la sensibilité au vent mais aussi le type de ravageur contre lequel il protégera la culture. Si les trous sont trop grands, les jeunes plantes peuvent grandir au travers des mailles. Une largeur de maille maximale de 5 à 8 mm empêche toute croissance continue des feuilles. Les filets munis de trous ne protègent pas les plantes des oiseaux et du petit gibier qui peuvent arracher ou ronger des plants. Si les trous sont trop petits, la lumière passant à travers le filet diminue, tout comme la circulation de l'air. De plus, les filets sont plus denses et donc plus sensibles au vent.
- » Le poids dépend du matériel utilisé et de la taille de la maille. Les matières fréquemment utilisées sont le polypropylène (extrudé) (PP) ($\pm 855\text{kg/m}^3$) et le polyéthylène (HDPE) ($\pm 950\text{kg/m}^3$). Plus la taille de la maille est réduite, plus le filet est lourd. Si le poids du filet est trop important, il existe un risque que les plantes ne puissent pas grandir suffisamment. C'est sur les côtés du filet que l'impact du poids se ressent le plus.
- » La forme de la maille détermine principalement l'élasticité du filet. Dans le cas de trous carrés, la forme se conserve plus facilement que pour des mailles diagonales tricotées. L'élasticité souhaitée dépend de l'application. Un certain degré d'élasticité est nécessaire si les plantes présentes sous le filet grandiront encore fortement après avoir été recouvertes. Une élasticité trop importante engendre le risque qu'un filet trop petit soit tendu sur une trop grande surface, augmentant ainsi la largeur de la maille. Les filets disposant d'une structure à forme fixe sont plus faciles à manipuler.



Figure 1 : Mailles carrées



Figure 2 : Mailles triangulaires



Figure 3 : Mailles diagonales

» La couleur est un facteur nécessitant encore des essais supplémentaires sur le terrain. En effet, certaines couleurs effraieraient davantage les animaux que d'autres. C'est ainsi que, par association à l'eau de mer, les filets bleus aboutiraient à une plus grande intimidation des oiseaux. En outre, selon une étude récente, la croissance des plantes serait influencée par la couleur du filet (par ex. : le bleu génère une croissance plus compacte).

» Solidité du filet et durabilité vont de pair. Le HDPE se dégrade sous l'effet de facteurs climatiques, tels que les rayons UV, et perd de sa solidité. C'est pourquoi ce matériau est souvent stabilisé aux UV pour augmenter sa durée de vie. Ce sont les filets noirs qui présentent la meilleure stabilisation aux UV et qui se dégradent donc le moins rapidement. La durée de vie varie fortement d'un filet à l'autre. Les voiles non tissés et les filets à pigeons peuvent tenir 3 ans, les filets microclimat jusqu'à 5 ans s'ils sont utilisés avec précaution. La durée de vie des voiles à insectes peut aller jusqu'à 10 saisons.

» La largeur et la longueur du produit dépendent du fournisseur, à l'instar du prix. On trouve parmi les sociétés fabriquant du matériel de couverture Howitec Netting BV (NL), Hanotex BV (NL), Duranet (B), Texinov (F), Filpack agricole (F), Diatex (F), Agryl (F), Don & Low (UK), Reifenhäuser REICOFIL® (D), Freudenberg non-wovens LUTRASIL® (D), Rova (B),...



Figure 4 : Filet de protection contre les oiseaux de couleur bleue

Aperçu des différents types de filets

Filet à pigeons / filet à petit gibier

- » Protège contre les oiseaux et le petit gibier
- » Effet positif sur la protection contre les papillons blancs sur chou (piérides) et la noctuelle du chou.
- » Avantages : léger (19-50 g/m²), solide et durable, facile à installer, laisse passer la lumière et l'air
- » Inconvénients : protection réduite contre les rongeurs, surtout sur les côtés des filets.

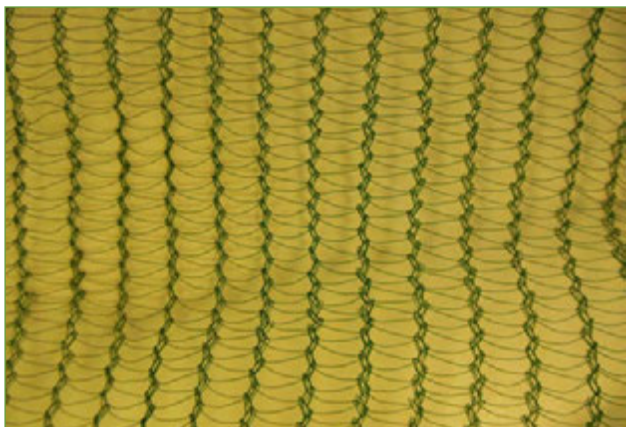


Figure 5 : Structure d'un filet de protection contre les pigeons



Figure 6 : Filet de protection contre les pigeons

Voile à insectes

- » Il existe des filets présentant des tailles de maille différentes en fonction des types d'insecte à repousser
 - Papillons et mouches : 1 - 1,5 mm.
 - Mouches mineuses, pucerons et altises : 0,5 – 1 mm
 - Thrips et aleurodes : 0,3 - 0,6 mm
- » Protège également les cultures contre les oiseaux et le petit gibier
- » Protège les cultures contre le gel, les conditions météorologiques et le vent
- » Avantages : solide, ne réduit que peu la luminosité et la circulation de l'air, peu sensible au vent
- » Inconvénients : lourd (40-130 g/m²), cher, risque d'endommager les jeunes plants



Inagro

Figure 7 : Voile à insectes

Le voile non tissé

- » Crée un microclimat permettant de planter et de récolter plus tôt. Grâce à l'effet de serre, les températures mesurées la nuit dans les cultures sont plus élevées, ce qui entraîne une accélération de la croissance des plantes.
- » Protège les cultures contre les insectes, les oiseaux et le petit gibier.
- » Protège les cultures contre le gel, les conditions météorologiques et le vent.
- » Avantages : bon marché, léger (17-60 g/m²), assez flexible, n'entrave que peu la croissance des plantes.
- » Inconvénients : forte réduction de la luminosité (le voile n'est pas transparent à 100 %), la pénétration de la lumière est encore plus réduite par l'encrassement, impossible de procéder à des observations sans soulever le voile, augmentation de la pression des adventices, risque de brûlures sur les plantes par temps ensoleillé, très sensible au vent, courte durée de vie, risque accru de développement de maladies dû à l'environnement humide généré par une circulation limitée de l'air.



Inagro

Figure 8 : Le voile non tissé



Inagro

Figure 9 : Structure du voile non tissé

Filet microclimat

- » Présenté comme une alternative durable au voile non tissé
- » Permet, à l'instar du voile non tissé, une culture précoce, une protection contre le gel, les conditions météorologiques, le vent, les oiseaux et le petit gibier. Le filet microclimat ne repousse pas tous les insectes, mais offre une bonne protection contre la mouche du chou, les papillons (chenilles) et les grands insectes
- » Fabriqué à partir de bandelettes de HDPE, ce qui lui donne une structure respirant davantage qu'un voile non tissé.
- » Avantages : meilleure circulation de l'air (et donc moins de risque de maladies), moins sensible au vent, plus solide, durée de vie plus longue (jusqu'à 5 ans), facile à poser
- » Inconvénients : flexibilité limitée, relativement lourd (35 à 38 g/m²), il y a toujours un léger risque de brûlures par temps ensoleillé, favorise la croissance des adventices



Figure 10 : Filet microclimat

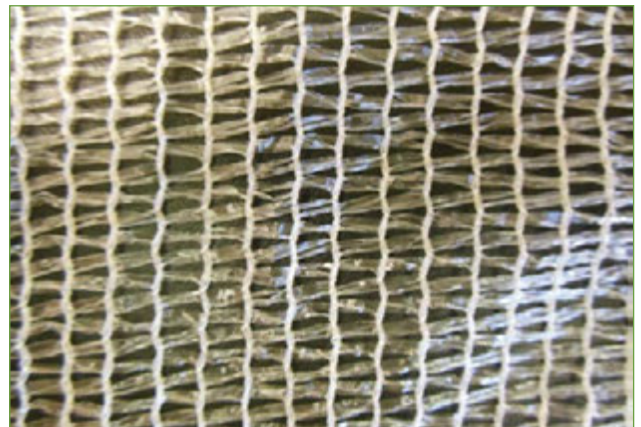


Figure 11 : Structure du filet microclimat

Divers

- » Les filets anti-grêle sont surtout utilisés dans les cultures fruitières (protection des pommes, cerises, poires, ...). Dans les cultures de légumes de pleine terre, les filets microclimat et les voiles à insectes offrent également une protection contre la grêle.
- » Les filets à oiseaux sont utilisés dans les cultures fruitières. Les mailles diagonales, qui sont leur trait caractéristique, protègent les arbres fruitiers contre les oiseaux. Ces mailles sont plus grandes que celles d'un filet à petit gibier, étant donné qu'il ne se pose ici aucun problème de croissance continue de jeunes pousses.
- » Les filets d'ombrage sont utilisés pour protéger les (jeunes) plantes contre un soleil trop intense en été. Une large gamme de capacité d'ombrage est disponible dans le commerce. Dans nos régions, l'utilisation de ces filets est très limitée.

Utilisation des filets

Les filets peuvent être posés et rangés manuellement, mais ces opérations requièrent beaucoup de main-d'œuvre. Actuellement, on procède de plus en plus souvent avec un système d'enrouleur mécanique. La bobine est portée par le tracteur et roule ou déroule le filet de façon systématique. Ce système permet un stockage plus propre et plus compact des rouleaux, tout en préservant la durée de vie. Le déroulement ou le rassemblement par machine représentent également un progrès en matière de facilité de travail et d'ergonomie.

Dès que les filets sont posés sur les cultures, il convient d'appliquer les règles suivantes :

- » Fixez correctement les filets, par exemple en utilisant simplement des sacs de sable ou du gravier. Une autre option est de recouvrir les bords de terre. Vérifiez si les bords touchent le sol partout.
- » Ne laissez pas les adventices recouvrir les filets. Le cas échéant, soulevez-les pour les libérer de leur emprise.
- » Lorsque les filets ou les voiles doivent être retirés pour desherber ou pour procéder à des observations, manipulez-les avec précaution. Tenez compte du type de filet et des conditions météorologiques.

Soyez attentif aux éléments suivants lorsque vous stockez les voiles :

- » Essayez d'entreposer les filets et les voiles directement au sec après utilisation. L'idéal est de les ranger à l'intérieur, sinon évitez le contact avec le sol, mettez les sous une bâche pour les protéger des dégâts du soleil et de la pluie.
- » Vérifiez si le filet ou le voile n'est pas endommagé avant de le stocker. Si possible, réparez les trous.
- » Commencez par les plier dans la largeur, de telle sorte qu'ils s'adaptent à la bobine ou au rouleau.
- » Enroulez-les ensuite de façon compacte, dans le sens de la longueur.
- » Évitez tout accroc ou déchirure en l'enroulant sur une surface lisse.
- » Apposez une marque d'identification sur les filets. Mentionnez-y par exemple le type, la largeur, la longueur, l'âge et les défauts. Vous retrouverez ainsi efficacement le bon filet.



Figure 12 : Filet à pigeons sur rouleau



Figure 13 : Système d'enroulement mécanique

Pour aller plus loin :

- » Wildschade bij vollegrondsgroenten : afdekken biedt mogelijkheden ; Proeftuinnieuws ; 2006 n° 8 (dégâts de gibier dans des légumes en pleine terre : les possibilités offertes par la couverture)
- » PCBT (interprovinciaal Proefcentrum voor de Biologische teelt ou Centre expérimental interprovincial pour la culture biologique) : Netten en afdekkingsmaterialen in de biologische groenteteelt ; INTERREG IV – VETABIO, 2012 (Les filets et le matériel de couverture dans la culture biologique de légumes)
- » Guide pratique pour la conception de systèmes de culture légumiers économes en produits phytopharmaceutiques ; ÉCOPHYTO2018 ; http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_le_gumes_Fiches_Techniques_cle067b82.pdf
- » Groenten beschermen tegen duiven ; Proeftuinnieuws ; 2013 n°4 (Protection des légumes contre pigeons)

Vidéo

- » Enroulement et déroulement mécaniques de filets ; <https://www.youtube.com/watch?v=GAPfBXZms4U>

Mesures préventives contre les maladies et les ravageurs

Définition

Prophylaxie : ensemble de mesures permettant de prévenir ou limiter l'installation ou le développement des bio-agresseurs (adventices, maladies, insectes, virus, nématodes,...), aussi bien durant une culture qu'entre deux cultures.

Rotation des cultures

L'alternance des cultures légumières permet d'éviter bon nombre de maladies (*Sclerotinia*, *Plasmodiophora*,...) et de ravageurs (mouche de la carotte, mouche mineuse du poireau, mouche du chou, thrips, nématodes,...). Il est recommandé d'adapter la rotation en fonction de la culture. Pour la plupart des cultures en plein air, il faut au minimum prévoir une rotation de deux ans (soit une culture identique un an sur deux). Mais la plupart des cultures légumières requièrent un assolement plus varié. La recherche montre que les rotations suivantes sont recommandées pour les différentes cultures :

Au minimum :

- » Une rotation sur 3 ans pour les épinards, laitues
- » Une rotation sur 4 à 5 ans pour les salsifis, céleri-rave et les endives
- » Une rotation sur 5 à 6 ans pour les pois, haricots, carottes, oignons et panais

S'il est impossible de diversifier l'assolement pour une parcelle, il est vivement conseillé de semer une culture intermédiaire (par ex. un engrais vert nématicide).

Augmentation de la biodiversité par l'implantation de bandes fleuries et de haies en bord de champ, l'introduction de plantes cultivées comme un engrais vert, ...

Les éléments naturels offrent un abri aux organismes utiles (comme les chrysopes, les coccinelles, ...) qui aident à lutter contre les ravageurs.

Il est possible d'accroître la biodiversité :

- » en installant des nichoirs, ou perchoirs pour les oiseaux, des boîtes et/ou abris spécifiques pour les abeilles, les insectes utiles, ...
- » en installant ou en entretenant des refuges et des lieux d'hibernation pour les insectes (comme des haies, des arbustes, des buissons, des bosquets,...)
- » en semant une bande fleurie d'une largeur minimale de 1 m
- » en prévoyant un couvert végétal
- » en implantant des bandes enherbées



Figure 1 : Bande fleurie longeant une parcelle de choux de Bruxelles

Semences et plants indemnes de maladies

L'une des plus importantes mesures préventives consiste à utiliser des semences et des plants indemnes de maladies. Les semences peuvent être enrobées ou les plants peuvent être protégés par thermothérapie (par ex. les plants d'échalote trempés dans de l'eau à 43°C pendant 2 heures). Demandez

toujours le passeport phytosanitaire au pépiniériste ou au semencier lors de l'achat. À l'arrivée des plants ou des semences, contrôlez la présence éventuelle de maladies ou de ravageurs. Protégez les plants avant la plantation.

Techniques culturales (faux-semis, densité de semis, labour minimum (ou non labour ou agriculture de conservation), aération, gestion de l'irrigation...)

Il est préférable que le sol soit fertile et bien structuré : les plantes poussent mieux lorsque le sol possède une bonne perméabilité, ce qui les rend moins sensibles aux maladies et aux ravageurs.

Évitez de trop endommager les cultures en cas de désherbage mécanique car cela faciliterait la propagation des bactéries et des champignons.

Recourir à un faux-semis peut s'avérer utile pour réduire la pression des adventices. Les plantes indésirables germées sont éliminées juste avant de procéder au semis ou à la plantation, pour que les plantes cultivées souffrent moins par la suite de la concurrence avec ces adventices. On peut augmenter la densité de semis de 10% pour compenser la perte causée par le désherbage mécanique. Les observations régulières dans la parcelle permettent aussi d'intervenir à temps pour réussir son désherbage (voir la fiche sur le désherbage mécanique).

La bonne aération et les températures stables qui caractérisent

les cultures en serre permettent de réduire le développement de champignons.

Luttez contre le stress des plantes en veillant à assurer une irrigation, un drainage et une fertilisation adéquats.

Un choix variétal adapté

Choisir des variétés tolérantes ou résistantes, les semer ou les planter sur les bons créneaux de production s'avère crucial pour prévenir l'apparition de maladies et de ravageurs. Ainsi, on veillera par exemple à ne pas cultiver en automne les variétés qui ont été sélectionnées pour la culture estivale. Les différentes stations d'expérimentation en légumes font chaque année plusieurs essais variétaux afin de contrôler la tolérance variétale à des maladies ou ravageurs bien précis. Le tableau n°1 rassemble les résultats des essais tolérances variétales du chou blanc pour le thrips, obtenus au PLRN à Lorgies (FR), à l'Inagro (ou ancien POVLT) à Beitem-Rumbeke (BE) et au PCG à Kruishoutem (BE). Les résultats d'autres essais tolérances variétales sont disponibles dans les différents centres de recherche.

Tableau 1 : La tolérance variétale du chou blanc pour le thrips (*Thrips tabaci*)

	PLRN	POVLT	PLRN	POVLT	PLRN	PCG	Inagro	PLRN
	2006-2008	2007	2009	2009	2012	2012	2013	2013
Ancoma						--		
Attraction							+	
Bajonet			-					
Bently		--						
Bloktor	--		--	-	--			--
Candela	--	--	++	-			++	
Count	--		--					
Counter	-					-		
Cyclone							+	++
Eton	++							
Expect					--	--	--	--
Extenda		+						
Factor			--					
Forza (NIZ 17-1087)							++	
Gilson		--		--	-		-	--
Gintana								--
Impala						+	--	
Kalorama				-				
Kilajack					--			
Kilton	--	--	+		+	++	+	

	PLRN	POVLT	PLRN	POVLT	PLRN	PCG	Inagro	PLRN
	2006-2008	2007	2009	2009	2012	2012	2013	2013
Kilazol	++	--	++	-	-	+	+	
Kilazy			--					
Kingston	--		--					
Kingstonia					--			--
Kronos						--		
Lion	--		+		--	-	+	
Marcello			+					
Monroo							+	
Mucsuma					--	--		--
NIZ 17-1038				++		++		
Paradox	++	--	++					
Prodikos					--	-	--	--
Qualitor	--		--					
Qualitoria					--			--
Quisor	++		++					
Reaction	++			-		++	++	
Rivera	--	--	-	-		++	-	
Robustor		--						
Rocktor					+			++
RZ 30277								--
SAK 288			--					
SV3388JL							++	
SV3389JL							-	
Simone	--		--					
Squadron	++		--		--	--	+	--
Sting		--		-		++	+	
Storema			-		-	-		
Storka								++
Tekila	++		+					
Toughma				++				
Unifor							+	
Valita								++
Zenon					-		--	--

La sensibilité aux thrips est indiquée à l'aide des codes suivants :

-- : tolérante

- : peu sensible

+ : moyennement sensible

++ : très sensible

: pas de données (variété non testée)

Surveillance des organismes nuisibles

L'une des méthodes de prophylaxie la plus importante est de surveiller les organismes nuisibles. La surveillance des parcelles doit être faite régulièrement, au minimum une fois par semaine, voir plus en période de risque. L'observation directe de la culture permet d'acquérir des informations essentielles mais d'autres méthodes de détection existent aussi. Par exemple, la lutte contre la mouche de la carotte, menée à l'aide de plaques jaunes engluées, s'effectue par parcelle et permet au producteur de connaître le nombre de mouches de la carotte présentes sur sa parcelle. Des modèles prévisions pour aider à lutter contre les maladies peuvent aussi être utilisés. Par exemple, un modèle de lutte contre le mildiou du poireau a été développé en Flandre, dans le cadre duquel l'exploitant agricole reçoit des informations par le biais d'une application Internet. Un message est envoyé lorsqu'un traitement s'avère nécessaire en fonction de l'historique de la parcelle, de la variété et des données météorologiques (voir la fiche consacrée aux modèles ou www.prei-info.be).



Figure 2 : Piège à limaces



Figure 3 : Piège chromatique bleu pour la détection des thrips



Figure 4 : Piège chromatique jaune pour détecter la mouche de la carotte



Figure 5 : Prise de mesures sur des crucifères

Protection physique des cultures

Plusieurs types de filets sont disponibles sur le marché pour protéger vos cultures : les filets de protection climatique contre le gel, le vent et la grêle, les filets anti-insectes contre les pucerons et les thrips, ou encore les filets anti-oiseaux contre les pigeons, les corneilles et les choucas. La pose d'un filet anti-pigeons est fortement recommandée en cas de culture de crucifères (voir la fiche 'Les filets et le matériel de couverture').

Fertilisation adaptée

La fertilisation a énormément d'importance : elle doit être basée sur une analyse de sol et tenir compte de la législation. Évitez toute fertilisation excessive, il en résulterait des chocs de croissance qui affaiblissent les plantes. Une carence en oligoéléments peut aussi donner lieu à des désordres physiologiques, comme des cavités brunes dues à une carence en bore chez les crucifères (voir Figure 6) ou des nodosités imputables à un manque de molybdène (voir aussi la fiche sur la fertilisation).



Figure 6 : Carence en bore sur chou-fleur

Nettoyage et désinfection des outils

Afin d'éviter de transmettre des agents pathogènes (comme les nématodes, les bactéries et les maladies du sol) ou des adventices difficiles à contrôler (comme le souchet comestible ou le galinsoga) entre des parcelles ou des compartiments de serre, il est important de nettoyer et/ou désinfecter régulièrement ses outils. Cette mesure de précaution s'applique aussi au petit matériel comme les caisses de récolte, les bottes et les outils de coupe. Il est possible d'éviter de transmettre des virus aux courgettes en nettoyant plusieurs fois son couteau, durant la récolte, avec du lait écrémé, des solutions à base de chlore ou de peroxyde d'hydrogène, de Virkon®, ...). La parcelle ou la zone atteinte doit toujours être traitée ou récoltée en dernier pour éviter que l'infection ne se propage. N'oubliez pas non plus de nettoyer régulièrement (voire de désinfecter) les bassins d'irrigation.

Élimination de plantes et de résidus de culture atteints

Supprimer les plantes, les résidus de culture et les adventices qui ont été contaminés/touchés par des maladies ou des ravageurs permet de se débarrasser d'éventuelles refuges pour des nuisibles comme les acariens et les champignons. Dans le cas des cultures sous serre, il est important de laisser les serres vides au moins 2 semaines afin de briser le cycle de développement de divers organismes nuisibles. De plus, évacuer les restes de la récolte permet de supprimer les éventuels résidus de produits de traitement. Ces résidus peuvent en effet nuire au repeuplement des organismes utiles lors de la culture suivante.

Pour aller plus loin :

- » Praktijkgids gewasbescherming, cahier « IPM Openluchtgroenten » (2014), Gouvernement flamand, Service Informations.
- » Pollet, S., Van Nieuwenhuyze P. et Perus M. (2013). Tolérances variétales aux thrips sur chou blanc, Gazette EMMA, n°2, p. 10-11
- » http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_le_gumes_Fiches_Techniques_cle067b82.pdf
- » INRA (2013). Guide technique pour la conception de systèmes de culture légumiers économes en produits phytopharmaceutiques.
- » www.prei-info.be: modèle de lutte contre le mildiou du poireau

Variétés tolérantes en cultures légumières, un levier agronomique pour limiter les produits phytosanitaires

Variétés résistantes / tolérantes : Quelles différences ?

Pour limiter l'utilisation des produits phytopharmaceutiques, le choix des variétés peut être un levier agronomique. En effet, on a le choix entre des variétés dites sensibles, tolérantes ou résistantes à un bio-agresseur. Ces termes étant souvent confondus, il convient donc de les distinguer. L'utilisation de variétés tolérantes ou résistantes est courante et devient incontournable pour certaines cultures où il n'y a pas ou peu de solutions phytopharmaceutiques.

Variété sensible

La sensibilité est l'incapacité d'une variété à restreindre le développement d'un ravageur ou d'une maladie.

Variété résistante

La résistance est la capacité d'une variété à restreindre ou empêcher la croissance, le développement et les dommages d'une maladie ou d'un ravageur. Les variétés résistantes peuvent exprimer quelques symptômes en cas de très forte pression du bio-agresseur mais toujours de façon moins sévère que ceux observés sur variétés sensibles en conditions similaires. Il existe 2 types de résistance :

» **La résistance monogénique** : appelée aussi spécifique, totale ou verticale. Elle est très efficace car c'est une résistance totale. Mais elle peut être contournée par le pathogène par mutation, en particulier lors de cultures successives et prolongées.

Exemple : La résistance des variétés de laitue au *Brémia* est de type monogénique, c'est-à-dire que la résistance est contrôlée par un gène unique. Ainsi, au fur et à mesure du temps, le champignon s'adapte et contourne facilement ces barrières génétiques. Cela oblige le sélectionneur à mettre en place un nouveau montage génétique. On connaît actuellement 31 races de *Brémia* numérotées de Bl 1 à Bl 31.

Exemple : en oignon, il existe des variétés résistantes au mildiou permettant de réduire considérablement le nombre d'applications de fongicide. Mais en diminuant le nombre de traitements, on rend l'oignon propice aux attaques de *Botrytis squamosa*. L'arrêt des fongicides ne peut donc pas être total.

» **La résistance polygénique** : appelée aussi quantitative, générale, partielle ou horizontale. Elle est stable mais difficile à sélectionner. Cette résistance n'est pas totale mais elle ralentit la progression de la maladie quelque soit la souche du pathogène avec une spécificité plus ou moins grande.

Exemple : En choux, les variétés résistantes à la hernie sont polygéniques. Elles permettent de réduire de 100% les

attaques lorsque la race d'hernie développée dans le sol correspond aux gènes de résistance induits dans la variété.

Variété tolérante

Une variété dite tolérante reste sensible, mais ses caractéristiques la rendent moins vulnérable aux dégâts d'un ravageur ou d'un pathogène (jusqu'à un niveau de pression donné). En cas de très forte pression, des symptômes peuvent apparaître mais l'agresseur se développera de façon moins importante par rapport à une variété sensible.

L'amélioration des plantes vise à obtenir des variétés ayant des caractères répondant aux problématiques techniques et économiques des producteurs. Après les facteurs rendements et qualités, l'un des buts de la sélection classique consiste à sélectionner au sein d'une même espèce (ou espèce voisine, sauvage), les plantes les plus performantes pour le ou les caractères recherchés.

Cette technique permet ainsi, après plusieurs années de sélection, d'aboutir à des plantes tolérantes.

La tolérance est applicable souvent à plusieurs souches de ravageurs ou de maladies. De même, qu'elle ne soumet pas les bio-agresseurs à une pression de sélection unique conduisant aux contournements possibles comme dans le cas des variétés résistantes (paragraphe précédent).

Exemple : En poireau, la variété POULTON est hautement tolérante à la rouille. Elle permet de réduire l'attaque et évite une perte d'au moins 20 % en terme de rendement.

Exemple : En chou, la variété BLOKTOR est hautement tolérante aux thrips. La tolérance variétale reste la seule solution performante nettement plus efficace que toutes les protections insecticides actuellement disponibles.





Le choix de variétés résistante ou tolérante s'inscrit dans la démarche de protection intégrée. Ces variétés permettent de réduire fréquemment le nombre de traitements à appliquer en cours de culture. Ces variétés méritent d'être privilégiées par les agriculteurs car elles permettent :

- » d'un point de vue économique, de réduire les coûts et les temps d'interventions phytopharmaceutiques pour les agriculteurs ;
- » d'un point de vue commercial, d'assurer une meilleure qualité des produits à mettre sur le marché ;
- » d'un point de vue sociétal d'assurer une sécurité alimentaire pour les consommateurs (réduction des traitements = réduction des résidus) ;
- » d'un point de vue écologique, de réduire les risques de pollution de l'environnement (le sol, l'air, l'eau, la nappe phréatique...).

Cependant, il est important de noter que la tolérance ou la résistance de nouvelles variétés peut être contournée, ce qui oblige continuellement les producteurs et les techniciens à vérifier la persistance des variétés et les sélectionneurs à mettre au point de nouvelles variétés. Pour éviter tout contournement ou développement d'un autre

bioagresseur, il faut :

- » Adapter la protection phytopharmaceutique (utilisation d'outil d'aide à la décision, du BSV...)
- » Respecter les rotations
- » Gérer les déchets végétaux
- » Mettre en œuvre la prophylaxie à l'échelle de l'exploitation

<p>Symptômes, dégâts, développement de la maladie entraînant une perte de vigueur de la plante jusqu'à la mort</p>  <p>Sensible</p>	<p>Quelques symptômes mais le développement de la maladie est très faible</p>  <p>» Peu de risque de contournement.</p> <p>» En cas de forte pression : le nombre de symptômes peut augmenter mais toujours de façon moindre que sur les variétés sensibles.</p> <p>Tolérante</p>	<p>Pas de symptôme</p>  <p>» Efficacité totale.</p> <p>» Risque de contournement élevé par mutation de l'insecte ou du champignon.</p> <p>Résistante monogénique</p>	<p>Pas ou peu de symptôme</p>  <p>» Efficacité partielle.</p> <p>» Meilleure durabilité (peu de risque de contournement).</p> <p>Résistante polygénique</p>
---	---	---	---

Choux : tolérance variétale aux thrips

Les piqûres de nutrition des thrips provoquent l'apparition de nombreux petits cals, souvent réunis en larges plages, qui finissent par brunir rendant le produit impropre à la commercialisation. Les attaques sont parfois très profondes dans la pomme (jusqu'à 10 feuilles et plus), et de plus en plus fréquentes. C'est à la formation de la pomme, quand les feuilles commencent à se resserrer que l'insecte s'installe.

Contrairement à la Belgique, la lutte chimique ne dispose actuellement d'aucune homologation en France pour cet usage. Des produits homologués sur culture de poireaux ont été testés mais les résultats sont décevants.

Les essais menés au sein du Pôle Légumes Région Nord ont montré que, en l'état actuel, l'amélioration obtenue avec une lutte chimique n'est pas à la hauteur de ce que peut offrir de son côté la tolérance variétale de certaines variétés.

Depuis 2000, le Pôle Légumes Région Nord réalise des essais de tolérance variétale face au thrips sur les principales variétés de choux connues de la production. Cette liste évolue avec le temps et avec les nouvelles variétés du marché comme



Figure 1 : Dégâts de thrips sur chou cabus EXPECT, STOMERA, XENON qui semblent prometteuses mais aussi avec le retrait de celles devenues obsolètes soit par arrêt de leur distribution, soit par la reconnaissance de leur sensibilité d'où un désintéressement de leur mise en culture comme CAID, KILAXY, ETON ou encore QUISTO. Les deux constatations étant souvent liées.

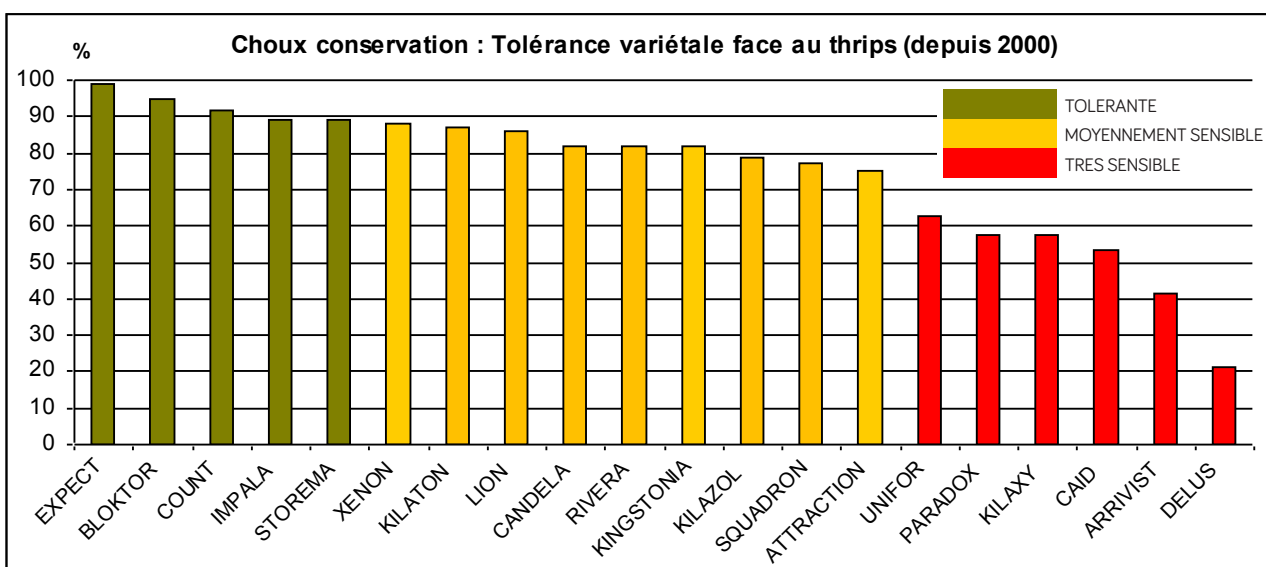
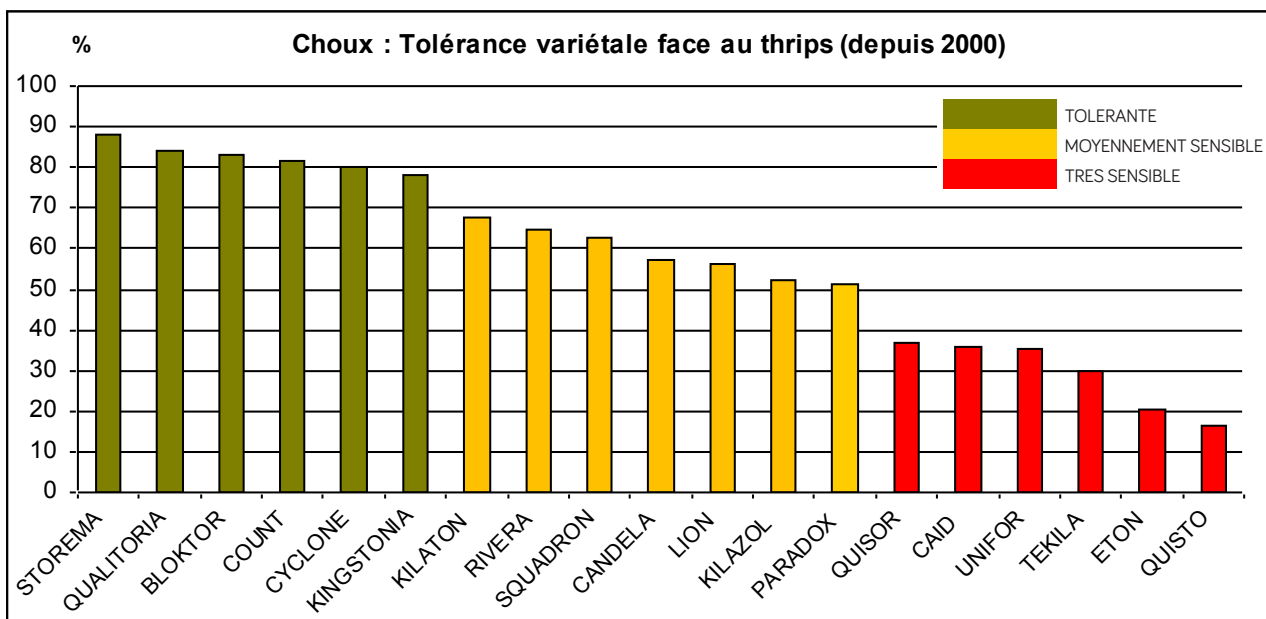


Figure 2 & 3 : Tolérance moyenne des variétés de choux blancs face au thrips

Ces essais ont également permis de constater qu'en fonction de leur date de récolte, certaines variétés pouvaient se montrer sensibles sur un créneau et plutôt tolérantes sur un autre. C'est le cas de KILATON, RIVERA, SQUADRON, CANDELA, LION, KILAZOL, CAID et UNIFOR dont la sensibilité augmente de 20 à 45 %. La date de positionnement est donc aussi très importante pour confirmer ces résultats au champ. A l'inverse, d'autres variétés obtiennent des résultats homogènes sur l'ensemble de la période de culture où le risque d'attaque est important. C'est le cas de BLOKTOR, COUNT, STOREMA et KINGSTONIA qui montrent régulièrement une bonne tolérance (supérieure à 80 %) et PARADOX qui lui reste

toujours assez sensible avec une moyenne de 55 % de choux sains.

Au cours de cette étude, il a été remarqué également que la tolérance d'une variété n'était pas fiable à 100 %, confirmant l'importance de toujours planter plusieurs variétés au sein d'une même parcelle. Un suivi de la tolérance des variétés référentes est réalisé par le PLRN depuis 2004, sur 5 variétés. En 2007, l'ensemble des variétés s'est bien comporté probablement suite à une année à faible pression. A l'inverse en 2008, en situation de forte pression, on observe une baisse généralisée de la tolérance des variétés.

Si on étudie le cas par cas :

- » On constate la régularité de QUALITOR (devenue aujourd'hui QUALITORIA en version CMS) avec une moyenne de 89 % de choux sains et un résultat au plus bas de 70 %.
- » Autre référence BLOKTOR qui montre également une bonne régularité avec en moyenne 90 % de choux sains sauf en 2009 où il a littéralement décroché avec seule-

ment 28 % sans que ce soit une année à forte pression. Cela confirme bien que la tolérance variétale n'est pas sans faille.

- » LION et KILATON montrent des résultats plus hétérogènes avec des variations de 40 à 90 %.
- » QUISOR est plutôt constant avec une faible tolérance et une moyenne de 26 % de choux sains si on retire l'année 2007 où toutes ont obtenu de bons résultats.

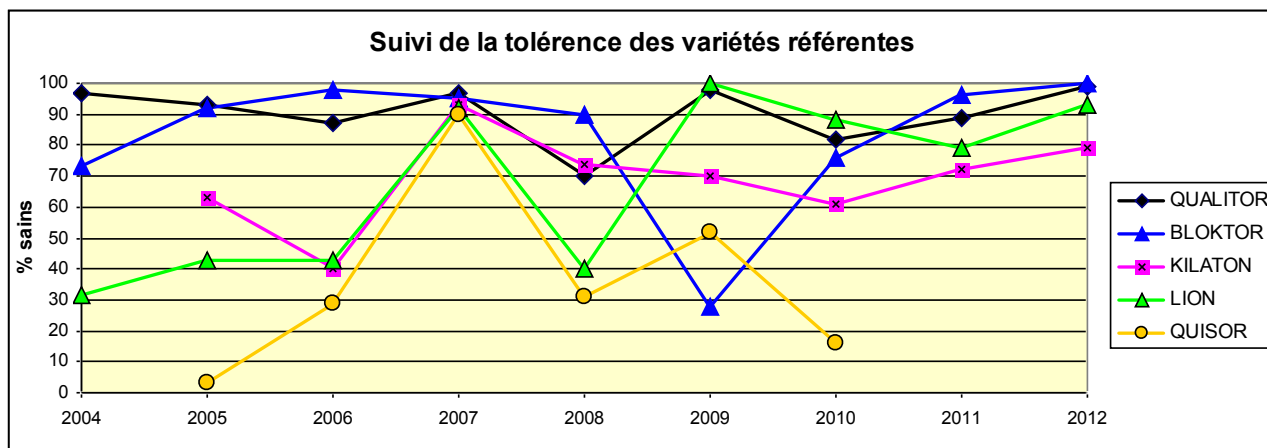


Figure 4 : Observation par année de quelques variétés

Conclusion

Depuis le lancement de cette étude, les résultats obtenus ont permis de valider des variétés dites « tolérantes » et d'autres dites « sensibles » face aux attaques de thrips. BLOKTOR, COUNT et KINGSTONIA se montrent tolérantes sur le créneau de récolte d'automne et celui légèrement plus tardif destiné à la conservation. KILATON, LION, CANDELA, RIVERA, KILAZOL et SQUADRON se comportent très bien sur le créneau conservation mais décrochent lorsque l'on essaie de les avancer dans leur cycle cultural. Enfin, des références sensibles sont validées comme QUISOR, CAID,

TEKILA, ETON, QUISTO et DELUS qui sont pour la plupart retirées de la production suite notamment à leur sensibilité.

Pour finir, de nouvelles variétés semblent prometteuses comme STOREMA, EXPECT et XENON et demandent à être confirmées dans le temps.

Le PCG et l'Inagro ont également fait de la recherche sur la tolérance variétale aux thrips sur chou cabus dans le cadre du projet EMMA (voir la fiche de mesures préventives).

CHOU-FLEUR : Tolérance variétale face à la bactériose (*Xanthomonas Campestris* ou maladie de la nervure noire des crucifères)

Xanthomonas campestris, responsable du symptôme de la nervure noire, est relativement bien connue de la production. La bactérie s'observe très régulièrement sur les feuilles. Elle se transmet facilement par contact et projection (pluies, passages en culture, résidus ...) et pénètre par le bord du limbe des feuilles. En conditions climatiques favorables (températures chaudes et humidité importante surtout en fin d'été), on assiste à une explosion de la contamination par l'apparition de nécroses foliaires et jaunissements, avec un noircissement interne des vaisseaux, suivi d'un affaiblissement de la plante entraînant la chute des feuilles. Lorsque l'inoculum primaire est présent sur la semence, il peut constituer le point de départ de l'épidémie. Dans ce cas, les conditions d'élevage en pépinières (mini mottes) peuvent généraliser la maladie à



Figure 5 : *Xanthomonas* sur chou-fleur l'ensemble des plants.

La lutte chimique ne donne pas de résultat satisfaisant et les divers traitements réalisés sur le plant en pépinière comme le cuivre, ont montré des risques importants de phytotoxicité.

De plus, il a été remarqué que des différences de tolérances existaient entre les variétés. Cependant, il convient de les distinguer des conditions d'élevage et de calendrier si on veut pouvoir les mettre à profit.

Le Pôle Légumes Région Nord a réalisé un programme d'essais de 2007 à 2011 pour observer ces différences variétales. Voici la présentation des résultats obtenus de 2007 à 2010, aucune contamination n'ayant eu lieu en 2011.

Rappel des résultats des essais 2007 à 2010

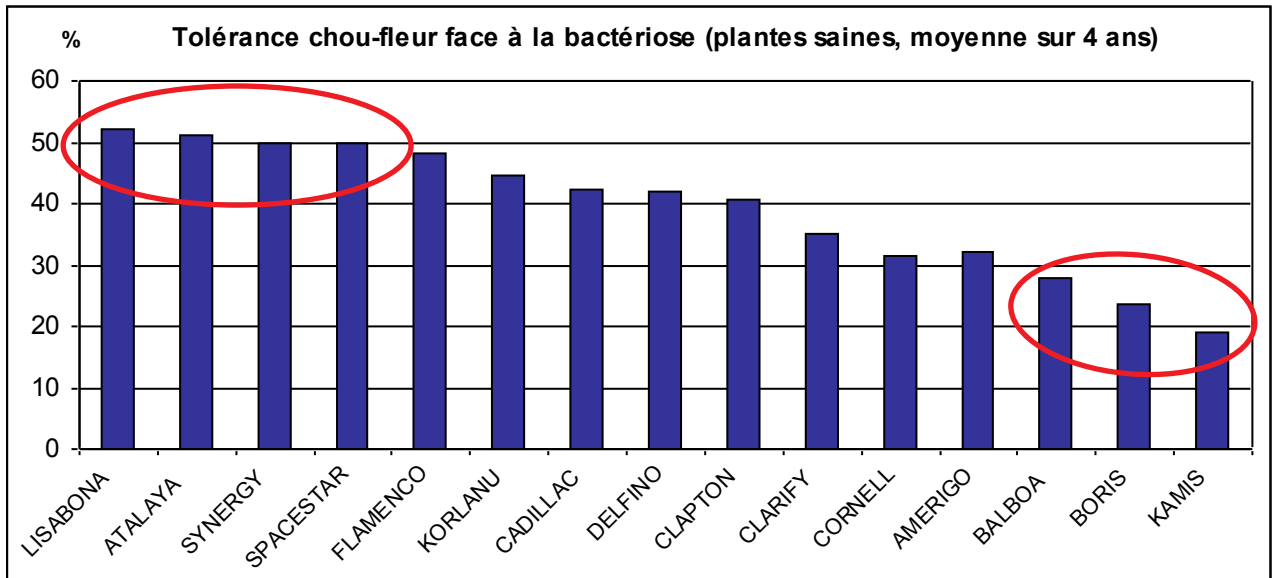


Figure 6 : Les résultats moyens de 4 années d'observation sur plusieurs variétés

En conclusion des 4 années d'observation, on constate que quelques variétés semblent montrer une meilleure tolérance comme LISABONNA, ATALAYA, SYNERGIE et SPACESTAR mais avec seulement 50 % de plantes saines en moyenne. D'autres peuvent être reconnues sensibles comme KAMIS, BORIS et BALBOA avec moins de 30 % de choux-fleurs sains. Entre les deux, il existe tout une gamme de variétés dont les résultats varient et dont il est difficile de tirer un enseignement précis.

Afin de mieux déchiffrer ces données, observons la figure 7 qui synthétise l'ensemble des résultats de ces 4 années d'observation variété par variété.

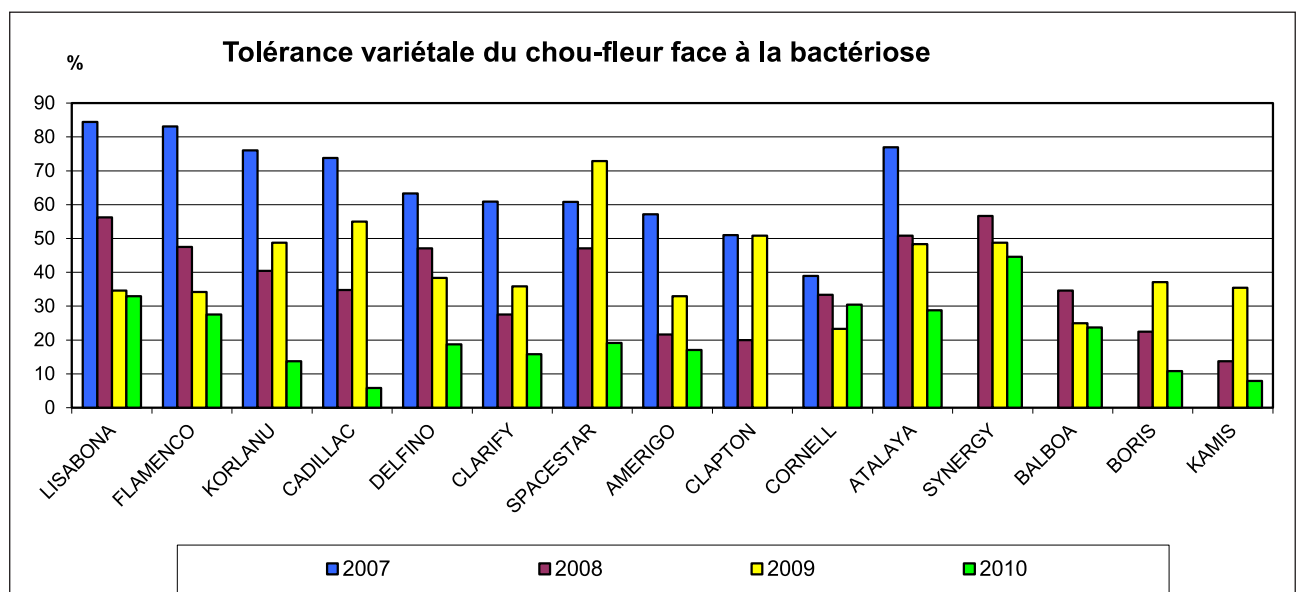


Figure 7 : Les résultats (par année) de 4 années d'observation sur plusieurs variétés

A quelques exceptions près, la majorité des variétés présentent des résultats fortement contradictoires d'une saison à l'autre, malgré une inoculation homogène qui est sensée les mettre toutes au même niveau quant à l'inoculum de départ. SYNERGIE, BALBOA, BORIS et KAMIS n'ont pas été vues en 2007 ; de même que CLAPTON en 2010.

Sur cette figure, on voit des variétés se situer dans la moyenne haute des résultats pendant 3 ans puis décrocher complètement la dernière année comme CADILLAC, KORLANU, DELFINO ou encore SPACESTAR.

Beaucoup de variétés se sont plutôt bien comportées en 2007 et par la suite ont montré des résultats décevants comme AMERIGO.

Par contre, des variétés comme CORNELL se sont toujours montrées plus sensibles avec des résultats assez homogènes.

Enfin, si l'on regarde l'ensemble des résultats, on constate que ces grandes variations ne peuvent pas être raccrochées à la

pression plus ou moins importante d'une année car elles ne sont pas significatives. Pour exemple, à variétés relativement égales : SPACESTAR a obtenu sa meilleure tolérance en 2009 alors que sur cette année LISABONNA et FLAMENCO ont décroché. En 2008, SYNERGIE a obtenu son meilleur résultat alors que CLAPTON a réalisé son plus mauvais.

Conclusion

On observe bien une différence de tolérance entre les variétés de chou-fleur face à la maladie des nervures noires. Cependant, celle-ci reste assez faible avec seulement 50 % de plantes saines pour les meilleurs résultats obtenus par les variétés LISABONNA, ATALAYA et SYNERGIE. De plus, les constats très hétérogènes de ces 4 années d'études, laissent perplexes quant à la fiabilité dans le temps de ces variétés.

Quelques pistes de variétés sensibles semblent quand même se dégager avec BORIS, KAMIS et BALBOA.

En raison du peu de résultats, cette étude n'a pas été poursuivie.

POIREAU : Synthèse des essais tolérances variétales menés depuis 2005 au PLRN

Certaines évolutions obligent les producteurs de poireaux à tenir compte du comportement des variétés face aux maladies et ravageurs :

- » la diminution du nombre de spécialités commerciales homologuées sur la culture et la baisse du nombre d'applications autorisées ;
- » la nécessité de maintenir la marge économique, donc la recherche de bons potentiels de rendement et la diminution des charges d'intrants ;
- » la pression environnementale amenant à la réduction de l'utilisation des produits phytosanitaires.

Les variétés de poireaux peuvent être tolérantes vis-à-vis des maladies grâce à des caractères génétiques mais parfois, ce sont les caractéristiques morphologiques de la variété qui lui confèrent une moindre sensibilité. Par exemple, les variétés à port étalé sont souvent plus sensibles au mildiou que les variétés à port dressé.

L'objectif des essais menés sur la station du PLRN est d'observer des variétés plantées dans les mêmes conditions et non traitées pour évaluer leur comportement face aux maladies spécifiques : rouille, mildiou, alternaria et dépérissement (fusariose).

Tolérance variétale au dépérissement (plus communément appelé fusariose)

La contamination par les fusarium se caractérise d'abord par un brunissement de la racine, suivi d'une coloration rose. Cette maladie entraîne souvent le pourrissement complet du fût.

Les spores des fusarioses survivent dans les sols. Il existe de nombreux végétaux « hôtes » : les céréales, les betteraves sucrières ... Ce sont des parasites de faiblesse qui se manifestent lorsque la plante subit un stress quelconque : blessures créées par des parasites comme les mouches, mauvaises conditions de sol, sécheresse, ainsi que tout ce qui peut entraîner un affaiblissement des plants.

Dans les essais du PLRN, une contamination artificielle par trempage des plants est réalisée avec les champignons suivants : *Fusarium culmorum* et *Pyrenochaeta terrestris*. De



Figure 8 : Parcelle de poireaux

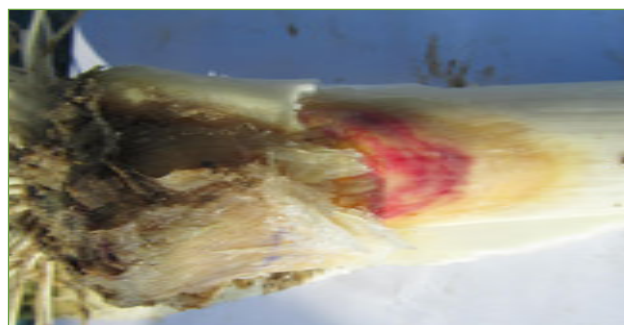


Figure 9 : Fusariose sur poireau

cette façon, la présence de la maladie est assurée dans l'essai face aux variétés testées. Les mortalités sont régulièrement relevées (voir JADE info n°12, 2011).

Synthèse des résultats des essais menés sur 5 années

Variétés	2007	2008	2009	2010	2011
Antiope					
Antlia				X	
Aries		X		X	X
Aylton	X	X	X	X	
Belton					
Bluebell	X	X	X		
Celcius	X	X	X	X	
Christiane					X
Delmas				X	
Duraton	X	X	X	X	
Fahrenheit					
Harston				X	X
Hawking	X	X	X	X	
Kenton					
Krypton	X	X	X	X	
Levis					
Lucretius	X	X	X	X	
Megaton	X	X	X		
Miracle			X	X	X
Oberon	X	X	X		X
Pluston	X	X	X	X	
Poulton	X	X			
Surfer	X	X			X
Triton				X	
Vitaton	X	X			
Walton				X	

	Tolérante
	Moyenne sensible
	Très sensible
X	Non testée

Au vu de ces résultats, on peut attribuer :

- » une bonne tolérance vis-à-vis du dépérissement à KENTON, POULTON et FAHRENHEIT,
- » une forte sensibilité à BELTON, BLUEBELL, LEVIS, MEGATON et KRYPTON.

Globalement, les variétés situées sur le créneau d'été et de début d'automne sont toutes assez sensibles. C'est sur le créneau hiver que la tolérance variétale au dépérissement prend tout son intérêt. La tolérance variétale seule contre le dépérissement n'apporte pas entièrement satisfaction. L'utilisation de variétés tolérantes apporte un plus dans la lutte contre la fusariose.

Tolérance variétale à la rouille

La rouille est la principale maladie sur poireau. Le manque à gagner qu'elle occasionne peut être conséquent pour le producteur (possibilité de 20 % de baisse de rendement et ralentissement des cadences à l'épluchage).

Elle se déclare par l'apparition de petites pustules rouges – orangées caractéristiques, d'abord sur les feuilles les plus âgées. Elle gagne ensuite les étages supérieurs. Deux champignons peuvent en être à l'origine : *Puccinia allii* et *Puccinia porri*. La transmission de la rouille d'une campagne à l'autre se fait par le biais des cultures tardives encore en place, les cultures d'ail ou des *Allium* sauvages. Les spores se

répandent ensuite sur de longues distances grâce aux vents.

La rouille est capable de se développer à partir de 5°C. Les conditions favorables à une contamination sont aussi fonction du niveau d'hygrométrie. Ainsi, les conditions optimales pour l'infection sont une température de 15 °C à 100% d'humidité pendant 4 heures. C'est pourquoi le niveau de risque est très important à l'automne. A noter que la rouille est aussi une porte d'entrée pour d'autres champignons comme l'alternaria et peut augmenter la sensibilité aux produits phytosanitaires. Aucune variété cultivée n'est actuellement annoncée résistante à la rouille, mais les programmes de sélection ont intégré un gène de résistance et certaines nouvelles obtentions sont de plus en plus tolérantes.

Synthèse des résultats d'essais menés sur 5 années au PLRN

Variétés	2008	2009	2010	2011	2012
Antiope					
Antlia				X	X
Aries			X	X	X
Aylton	X	X	X		
Belton					
Bluebell					X
Celcius	X	X	X		
Christiane				X	X
Curling	X	X	X	X	
Delmas			X	X	X
Duraton	X	X	X		
Fahrenheit			X	X	X
Harston			X	X	X
Hawking	X	X	X		
Kenton					
Krypton	X	X	X		
Lancaster	X	X	X	X	
Levis			X		
Lucretius	X	X	X		X
Megaton	X	X			X
Miracle		X	X	X	X
Navajo	X	X	X	X	
Oberon	X	X		X	
Pluston	X	X	X		
Poulton	X				
Surfer	X			X	
Vitaton	X				
Walton					

	Tolérante
	Moyenne sensible
	Très sensible
X	Non testée

La bonne tolérance à la rouille commence à se généraliser sur le créneau automne avec BELTON et LEVIS.

Le créneau février/mars est à présent un peu mieux fourni en variétés assez tolérantes avec l'arrivée récente de AYLTON, POULTON et PLUSTON. Sur ce créneau, FAHRENHEIT ou HARSTON, longtemps seules références, étaient particulièrement sensibles. KENTON, bien qu'une ancienne variété, a toujours sa place en terme de tolérance à la rouille.

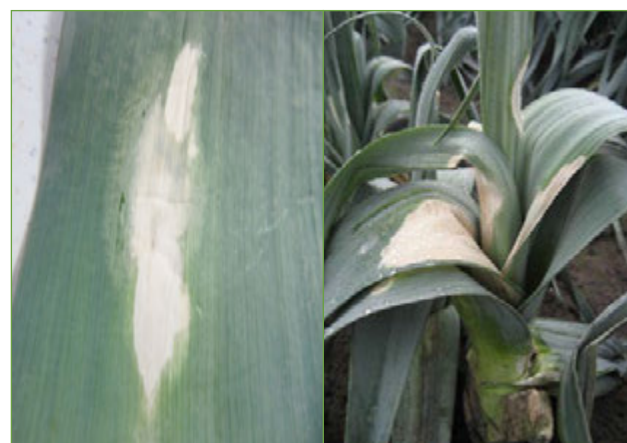
Au niveau des nouveautés 2012, certaines sont déjà à écarter : CURLING, NAVAJO, OPERON, HAWKING, CELCIUS. En revanche, des nouveautés comme LANCASTER et R 38 502 de chez Rijk Zwaan sont très bien placées, à confirmer. Quelques variétés ont un classement inégal d'une année à l'autre. C'est le cas d'Antiope, par exemple qui semble répertorié plus sensible qu'il y a quelques années. Remarque : il a été constaté que les tolérances à la rouille et à l'alternaria sont très souvent corrélées.

Tolérance variétale au mildiou

Les attaques de mildiou peuvent générer des pertes de rendement très importantes. Ce champignon se manifeste par l'apparition de taches allongées de 5 cm environ, d'abord livides puis blanches. On peut le confondre avec des dégâts de gel. Il est capable de se développer entre 0 et 25°C. Depuis des années, la maladie explose en période de redoux pluvieux faisant suite à une période gélive.

Pour le mildiou, la lutte contre ce champignon est actuellement très aléatoire, donc la détection des sensibilités est de première importance.

Dans les essais, seules les variétés cultivées ou préconisées sur les cycles de fin d'hiver (février/mars) sont passées en revue.



FREDON Nord Pas-de-Calais & PCG

Figure 10 : Mildiou sur poireau

Variétés	2007	2008	2009	2010	2011
Antiope					
Antlia	X	X		X	X
Aylton	X	X	X	X	
Bluebell	X	X			
Delmas	X	X		X	X
Fahrenheit					
Harston				X	X
Hawking	X	X	X	X	
Kenton					
Lucretius	X	X	X	X	
Oberon	X	X	X	X	
Pluston	X	X	X	X	
Poulton	X	X			
Triton				X	X
Vitaton	X	X			
Walton	X	X			

	Tolérante
	Moyenne sensible
	Très sensible
X	Non testée

POULTON, WALTON et VITATON donnent de bons résultats sur l'ensemble des années d'essais. A l'inverse, ANTIOPE, KENTON et FARENHEIT confirment une sensibilité au mildiou. AYLTON et PLUSTON viennent compléter la liste des variétés très intéressantes.

Du côté de l'agriculture biologique

En agriculture biologique, outre les mesures préventives qui sont à la base du système (rotation, mesures prophylactiques, ...), il existe un autre levier avec les tolérances voire les résistances variétales (ex : mildiou sur oignon) sur certaines espèces de légumes.

Les essais réalisés en agriculture conventionnelle contribuent à apporter des informations sur le comportement des différentes variétés susceptibles d'être disponibles en bio ou non traitées (ex IMPALA pour sa tolérance aux thrips).

Cependant, il existe des particularités en agriculture biologique liées soit à l'éthique du bio (ex : débat sur l'utilisation des CMS) ou sur les circuits de commercialisation orientés essentiellement en circuit court avec des attentes différentes par rapport aux circuits longs (ex : choix des hybrides ou populations).

Nous aborderons dans cette partie, des essais variétés réalisés en agriculture biologique sur poireau, mâche et carotte.

Poireau : Tolérance à la rouille

Aucune variété cultivée n'est actuellement annoncée résistante à la rouille, mais on reconnaît de grosses différences de comportement vis à vis de cet agresseur et les programmes de sélection ont intégré cette voie.

De plus, en production biologique, aucun produit n'est homologué contre la rouille. Seules les mesures préventives et les tolérances variétales contribuent à lutter contre cette maladie.

Synthèse des essais menés au PLRN de 2006 et 2010

Variétés population		
Très sensibles	Sensibles	Tolérantes
	PANDORA	
ALMERA		
	ARDEA	
	APOLLO	
	AXIMA	
TADORNA		
ATLANTA		
	BANDIT	

Variétés hybrides		
Très sensibles	Sensibles	Tolérantes
	MIRACLE	
		CHRISTIANE
	CATCHER	
		BELTON
	WALTON	
		POULTON
		ANTIOPE
		KENTON
FLEXTAN		
		NATAN

Variétés populations :

Certaines variétés sont à écarter comme ALMERA, TADORNA et ATLANTA, très sensibles à la rouille.

Variétés hybrides :

MIRACLE, CATCHER, WALTON et FLEXTAN sont les plus sensibles.

En conclusion, si la priorité du producteur est de privilégier la tenue sanitaire, le choix des variétés hybrides est à privilégier car elles sont globalement moins sensibles que les variétés populations.

Mâche : tolérance à l'Oïdium

L'oïdium est une maladie due à différents champignons et dont les symptômes sont assez caractéristiques : Les organes aériens de la plante sont recouverts d'un feutrage blanc. Le développement de la maladie est favorisé par des températures douces et se retrouve sur de nombreuses espèces de légumes (cucurbitacées, tomate, carotte, ...).

L'essai mené en 2004 par le PLRN, a permis d'étudier le comportement sur 7 variétés. Le semis a été réalisé en septembre en mottes de 4x4, sous abri froid bio pour production fin automne/début hiver.



Figure 11: Forte attaque d'oïdium sur mâche caractérisée par le feutrage blanc

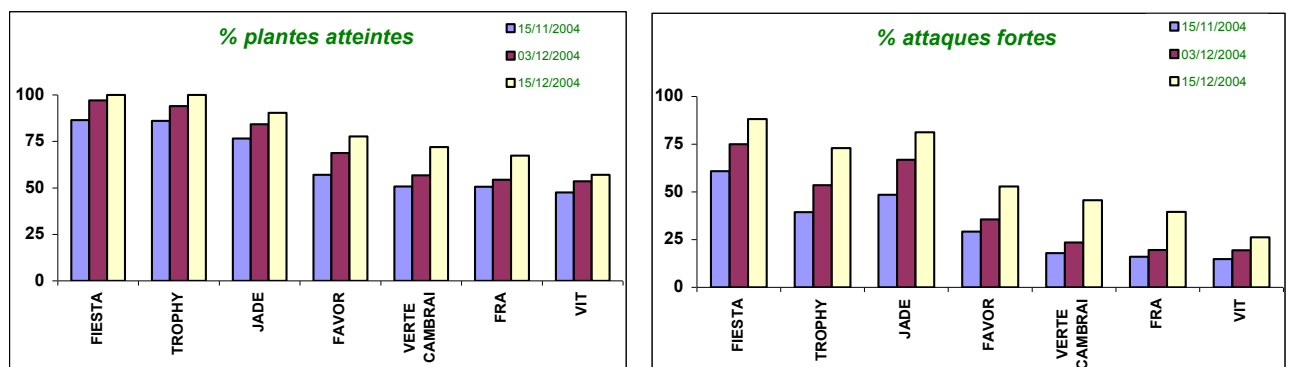


Figure 12 : Les résultats de la tolérance variétale à l'oïdium sur mâche

En conclusion, FIESTA apparaît la plus sensible. VERTE DE CAMBRAI, VIT et FRA (population locale de Comines) semblent les moins touchées.

Carotte : Tolérance à la mouche (Essai 2005)

La mouche de la carotte est un ravageur des cultures maraîchères, et affecte principalement les carottes, mais peut aussi s'attaquer au panais, au persil et au céleri. C'est la larve qui cause des dommages sur les racines. L'asticot, de couleur jaune crème, se nourrit aux dépens des couches externes de la racine de la carotte.



Figure 13 : Dégâts sur racines de carottes causés par les asticots

L'objectif de l'essai mené par le PLRN en 2005 était d'évaluer la tolérance variétale vis-à-vis de la mouche face à une variété annoncée tolérante : Fly Away.

L'essai a été implémenté chez un producteur biologique avec une collection de 9 variétés sur un semis de mai

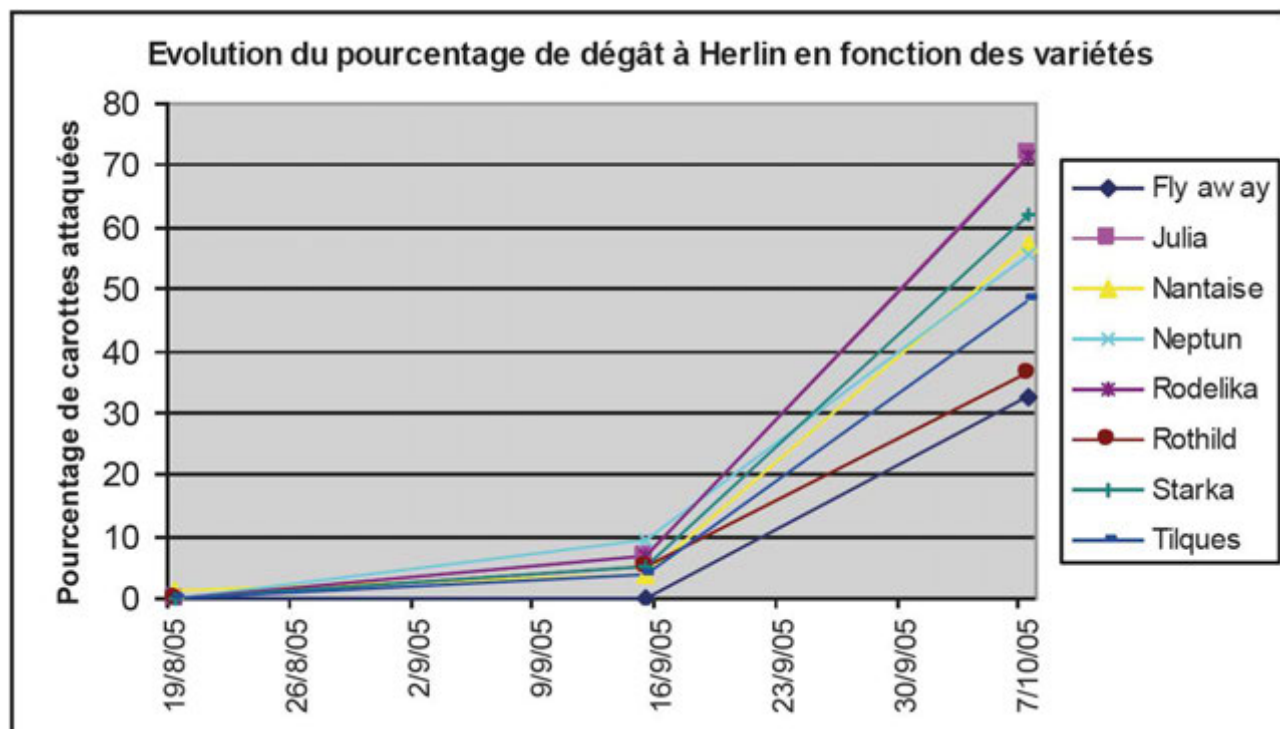


Figure 14 : Pourcentage de carottes attaquées par la mouche des plusieurs variétés

Des différences de comportement variétal vis à vis de la mouche ont été observées, mais elles sont insuffisantes en l'absence de toute protection. Elles permettent tout de même de limiter les dégâts. FLYAWAY confirme son intérêt pour sa tolérance à la mouche.

Les variétés type Flakee (ROTHILD et TILQUES) présentent également un bon comportement.

Un usage raisonnable des produits phytopharmaceutiques

Personne n'utilise des produits phytopharmaceutiques pour son plaisir. Dans une approche intégrée, plusieurs solutions de protection sont appliquées de manière complémentaire dans le cadre d'une stratégie globale. L'usage de produits n'est que la dernière étape dans une chaîne complète de mesures. L'application de mesures préventives permet d'éviter de nombreuses maladies et ravageurs.

Se donner les moyens de ne pas traiter

Choisir son itinéraire cultural afin d'éviter les interventions phytopharmaceutiques: la prophylaxie, le choix d'une variété peu sensible aux maladies, la date de semis, le travail du sol, les successions culturales sont autant de leviers qui permettent d'éviter les interventions phytosanitaires.

Intervenir ou pas

L'utilisation des produits doit être raisonnée, de manière à intervenir contre un organisme nuisible identifié, et uniquement si c'est nécessaire. La surveillance des organismes nuisibles et utiles dans la culture est une donnée très importante. Différentes méthodes permettent leur identification, leur détection, le suivi ou la prévision de leur développement :

- » **diagnostic phytosanitaire** : l'analyse d'un échantillon peut être réalisée par un laboratoire spécialisé, lorsque c'est nécessaire, pour identifier un ravageur ou un agent pathogène ;
- » **observations visuelles** : voir la fiche sur les méthodes de détection ;
- » suivis climatologiques : pour certains ravageurs ou maladies, il existe des **modèles de prévision des risques** basés sur les données climatiques (voir la fiche relative aux modèles).

Pour certains bioagresseurs des cultures, des **seuils de tolérance** ont été définis, au-delà desquels les risques de perte de rendement peuvent justifier une intervention. Ces seuils peuvent être modulés en fonction des autres outils de protection mis en oeuvre prioritairement sur la parcelle dans le cadre de la protection intégrée, notamment le choix variétal ou la présence des auxiliaires.

L'information est apportée aux producteurs grâce à différents systèmes d'appui technique :

- » **Avertissements agricoles** en Belgique, et, en France, **Bulletins de Santé du Végétal (BSV)** : ces bulletins dressent l'état sanitaire des cultures dans une région ou un bassin de production, au fur et à mesure de la saison ;
- » **Accompagnement par un service de conseil ou un expert agréé** : le producteur peut bénéficier d'observations et de conseils à la parcelle.



Figure 1 : Attaque de chenilles sur chou

Si le traitement est nécessaire :

Eviter les pollutions par les produits phytopharmaceutiques

Les analyses des eaux de surface montrent, sur de nombreux sites, la présence de molécules issues des produits phytopharmaceutiques.

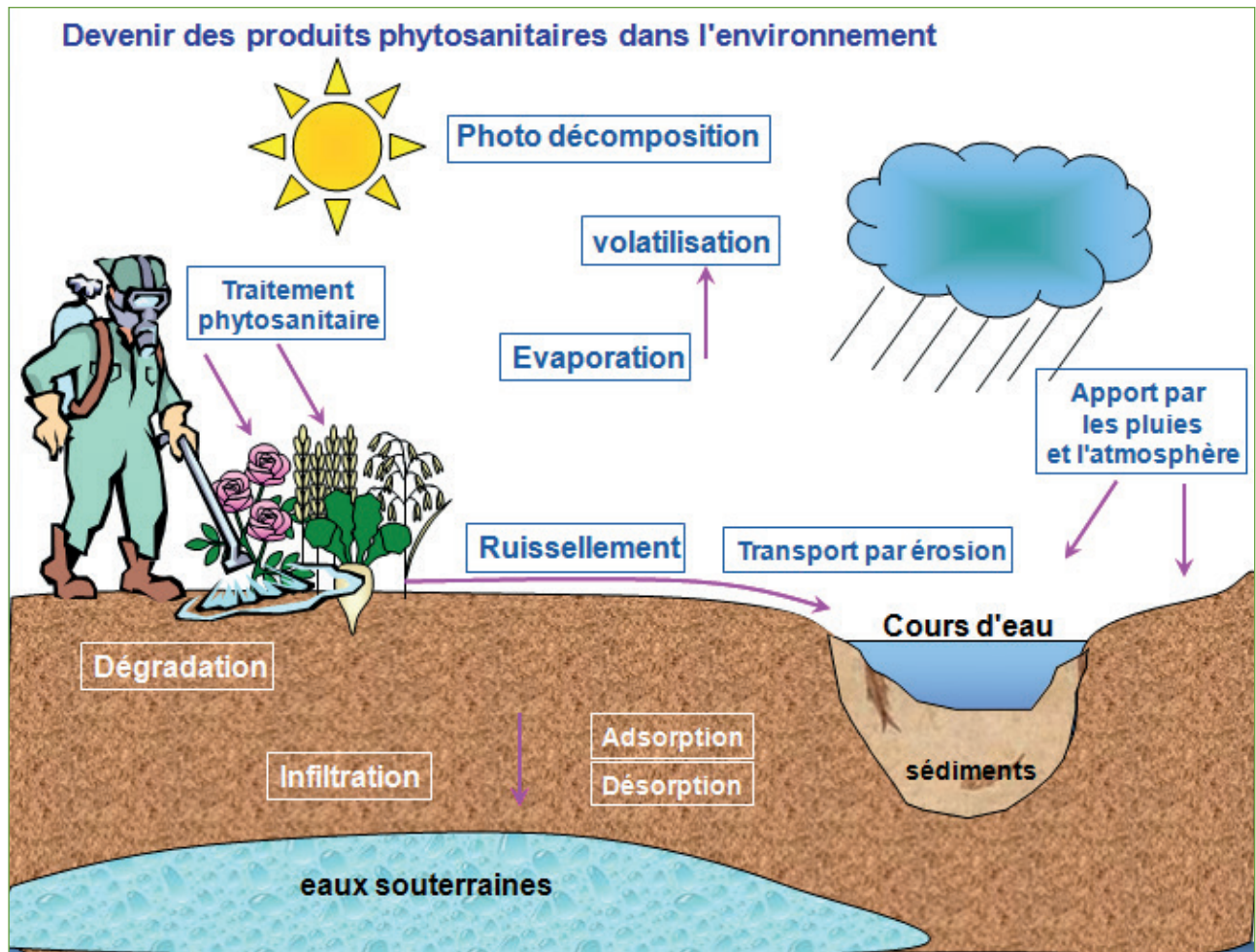


Figure 2 : Sources de pollution des eaux, de l'air et du sol par les produits phytopharmaceutiques

Pollutions ponctuelles : les accidents de manipulation

La pollution des eaux de surface par des produits phytopharmaceutiques est principalement due à des pollutions ponctuelles. On appelle pollutions ponctuelles, ou accidentelles, les pollutions liées à des erreurs, des négligences ou des difficultés de manipulations des produits et du matériel avant et après le traitement. Il peut s'agir d'une perte lors du dosage et de la préparation de la solution, d'un réservoir qui déborde lors de son remplissage, de rampes qui fuient, d'une évacuation inadaptée des eaux de rinçage et de nettoyage,...

Pollutions diffuses par ruissellement et dérives

Les pollutions diffuses sont aussi partiellement responsables de la pollution des eaux de surface. Elles sont dues à l'entraînement des produits vers les eaux, non pas à partir d'un point et à un moment précis mais à partir d'une multitude de points.



Figure 3 : Photo d'érosion et de lessivage

Entraînement des produits par ruissellement

Lors d'une forte averse, des produits peuvent être emportés par les eaux (ruissellement) ou avec des particules de sol (érosion) et se retrouver dans les cours d'eau. Ce phénomène provoque **30 %** de la pollution des eaux de surface par des produits phytopharmaceutiques.

Exemple de mesures possibles :

- » Eviter l'envasement et le tassement du sol ;
- » Semer sous couverts ;
- » Réorienter les cultures et les plantations perpendiculairement à la pente ;
- » Etablir des mini barrages entre les buttes grâce à un matériel spécifique. Des études ont montré que cette technique appliquée en culture de pomme de terre pouvait réduire l'entraînement des produits phytopharmaceutiques par ruissellement et érosion de plus de 90 % ;
- » Créer des bandes tampons d'herbe ou planter des haies.

Dérives

Une dérive est le déplacement involontaire par le vent de produits phytopharmaceutiques hors de la parcelle, qui peuvent alors dévier vers la parcelle voisine, les bas-côtés ou un cours d'eau. Les facteurs déterminant l'importance de la dérive sont la dimension des gouttes (plus les gouttes sont fines, plus importante est la dérive), les conditions météorologiques (vitesse du vent, direction du vent, température et humidité relative), la vitesse de travail et la hauteur de la rampe de pulvérisation.

Le choix des buses intervient sur le risque de dérive et dans la qualité du traitement. En effet, les gouttes plus petites donnent un degré de couverture élevé. Avec des gouttes plus grandes, la répartition de la substance peut s'avérer insuffisante. Une goutte de 400 µm contient, par exemple, autant de substance que 8 gouttes de 200 µm. Par ailleurs, les petites gouttes s'évaporent facilement. Les grandes gouttes, quant à elles, peuvent couler à la surface de la plante ou éclater, faisant ainsi tomber des éclaboussures sur le sol et facilitant le transfert des produits vers les eaux de surface. La dimension des gouttes est déterminée par le type et la taille de la buse, ainsi que par la pression de pulvérisation.

Utiliser moins de produits : traitement localisé et réduction de doses

Traitement localisé

Dans le cas d'une pulvérisation en plein, on traite la totalité de la surface cultivée. Mais dans certains cas il est possible d'intervenir de manière localisée : en culture sous abris, seules les plantes ou les lignes atteintes peuvent être traitées (intervention sur les foyers) ; en culture de plein champ, l'ensemble de la parcelle est traitée mais uniquement au niveau des lignes de cultures. On ne pulvérise donc que sur les plantes elles-mêmes, et pas

sur le sol nu entre elles, ce qui permet de réduire la quantité de produit utilisée. Il est par exemple possible de combiner un désherbage chimique localisé sur les rangs à une intervention mécanique en inter-rangs.



FREDON Nord Pas-de-Calais

Figure 4 : Désherbineuse associant désherbage mécanique et chimique

Systèmes à faible dosage

Il existe des systèmes à faible dosage pour le désherbage de diverses cultures, par exemple le système FAR, développé en Belgique, pour les cultures de betteraves. L'intervention sur les tout jeunes stades des adventices, plus sensibles aux produits que les stades plus âgés, permet de réduire les doses et d'améliorer la sélectivité sur la culture. Il est important que la présence d'adventices dans la parcelle soit contrôlée régulièrement pour intervenir dès que c'est nécessaire.

Bonnes pratiques pour les interventions

En France, l'utilisation de produits phytopharmaceutiques est soumise à l'obtention d'un **Certificat Individuel**, depuis octobre 2013 pour les personnes ayant une activité d'application de produits en prestation de service, de distribution ou de conseil à l'utilisation des produits et depuis octobre 2014 pour les agriculteurs et collectivités. En Belgique, le Phytolicense sera obligatoire à partir du 25 novembre 2015 pour toutes les personnes qui achètent, stockent ou utilisent des produits phytopharmaceutiques à usage professionnel ou des adjuvants dans le cadre de leur activité professionnelle, qui donnent des conseils sur les produits phytopharmaceutiques ou les adjuvants ou qui distribuent ou vendent des produits phytopharmaceutiques ou des adjuvants.

Choix des produits phytopharmaceutiques

En cas d'utilisation d'un produit, le producteur doit opter pour une **spécialité homologuée pour l'usage visé et doit l'utiliser à la dose homologuée en respectant les modalités d'application imposées par la réglementation**, mentionnées sur l'étiquette et la Fiche de Données de Sécurité.

Au moment de choisir les produits phytopharmaceutiques, il convient de tenir compte des critères suivants et d'opter de préférence pour :

- » les produits les moins nocifs pour l'homme ;
- » des produits sélectifs épargnant les ennemis naturels et les pollinisateurs ;
- » des produits présentant une faible persistance d'action ;
- » des produits n'entraînant pas de risque de pollution des eaux de surface ou souterraines ;
- » des produits pour lesquels des informations récentes sont disponibles concernant d'éventuels effets secondaires.

Équipements de protection individuels et collectifs

- » Lorsque vous utilisez des produits phytopharmaceutiques : porter les **équipements de protection individuelle adaptés** (EPI) (gants nitriles ou néoprène, combinaison, masque A2P3, lunettes). Les stocker dans une armoire prévue à cet effet (en dehors du local de stockage des produits). Les nettoyer après le traitement (bottes, gants, lunettes, ...). Les changer s'ils sont souillés ou usagés.
- » **Ne pas boire, manger, fumer pendant toute la durée du traitement** : de sa préparation au nettoyage du pulvérisateur et à l'enlèvement des EPI.
- » Les cabines de tracteur de classe 4 sont équipées de filtres adaptés tout comme les masques. Ne pas stocker de produits et d'EPI souillés dans la cabine.
- » Après le traitement, se laver soigneusement les mains à l'eau et au savon et prendre une douche.

Transport, stockage et entretien du matériel de pulvérisation

- » Les produits phytosanitaires sont pour 70% d'entre eux classés dangereux au transport (voir Fiche de Donnée de Sécurité). Il est possible d'être exempté des contraintes de l'Accord Européen sur le transport des matières dangereuses (ADR) si certaines conditions sont respectées.
- » Stocker vos produits dans un local prévu à cet effet. Prévoir des matières absorbantes et des ustensiles permettant de recueillir d'éventuels déversements accidentels. La matière absorbante contaminée est considérée comme un déchet dangereux et sera éliminée lors de la collecte des produits phytosanitaires non utilisables (PPNU) ou auprès d'une entreprise agréée.
- » Faites contrôler votre matériel de traitement : ce contrôle est obligatoire tous les 5 ans pour les matériels à rampes de plus de 3 mètres et pour les pulvérisateurs pour arbres et arbustes (pulvérisateurs non munis de rampe horizontale et distribuant les liquides sur un plan vertical).
- » Entretenez votre matériel de pulvérisation régulièrement.

La préparation du traitement

- » **Calculez minutieusement les quantités nécessaires** et ré-

glez l'appareil de pulvérisation avec précision pour éviter tout excédent.

- » En France, **les mélanges de produits** sont soumis à une réglementation. Ainsi, il est interdit de mélanger des produits classés T, T+ et ZNT supérieure ou égale à 100 mètres entre eux. Les mélanges de produits avec les phrases de risque R40, R48, R62, R63, R64, R68 sont limités à certaines combinaisons précisées dans le tableau ci-dessous ;

	T/T+	R40	R48	R62	R63	R64	R68
T/T+							
R40							
R48							
R62							
R63							
R64							
R68							

FREDON Nord Pas-de-Calais

Figure 5 : Mélanges autorisés (en blanc) et interdits (en rouge)

- » Dans les champs, remplissez la cuve du pulvérisateur à une distance suffisante des cours d'eau. Au siège de l'exploitation, le pulvérisateur doit être rempli sur une **aire de remplissage et de rinçage** prévue à cet effet avec réception des eaux résiduelles.
- » Lors du remplissage, utilisez l'incorporateur, **surveiller le remplissage ou utiliser un compteur volumétrique** afin notamment d'éviter que le réservoir ne déborde. Il faut s'assurer qu'il y ait une **discontinuité hydraulique avec le réseau d'eau potable** (potence, clapet anti-retour, cuve d'eau intermédiaire) afin d'éviter tout contact entre la source d'eau et la solution à pulvériser.

La réalisation du traitement

- » **Tenez compte des prévisions météorologiques, ne pulvérisez pas** :
 - si la direction du vent est défavorable (c'est-à-dire en direction du cours d'eau) et s'il est fort (>19 km/h ou 3 Beaufort),
 - si les températures sont élevées (> 22°C),
 - si l'humidité relative est faible (< 60 %).
- » Les conditions les plus favorables pour pulvériser sont le matin ou le soir.
- » L'épandage est interdit pendant les périodes au cours des-

quelles le sol est gelé ou abondamment enneigé et sur les terrains en forte pente, très perméables ou présentant des fentes de retrait. Ils doivent être réalisés sur un sol capable d'absorber ces effluents, en dehors des périodes de saturation en eau de ce sol et en l'absence de précipitations.

- » Pour tout produit, il est **interdit en France de traiter à moins de 5 mètres d'un cours d'eau ou un plan d'eau indiqué en trait bleu continu ou discontinu sur les cartes IGN au 1/25000^{ème}**. En Belgique on ne peut pas traiter à moins de 1 mètre d'un cours d'eau. Respectez les arrêtés préfectoraux existants dans certaines régions. Par ailleurs, il existe une **zone de non traitement (ZNT)** vis-à-vis des cours d'eau spécifiée sur l'étiquette du produit qui peut être de 5, 20, 50 ou 100 mètres. Elle est mesurée à partir de la dernière ligne pulvérisée jusqu'à la rive du cours d'eau. La zone tampon dépend du produit.
- » En France, il y a 3 conditions à réunir pour réduire les ZNT de 20 ou 50 m à 5 m :
 - Enregistrement des applications sur la parcelle
 - Présence d'un dispositif végétalisé permanent sur les 5 m de cette ZNT
 - Mise en oeuvre de moyens officiellement reconnu permettant de diviser au moins par trois le risque pour les milieux aquatiques (buse anti-dérive, diminution de doses, ...); utiliser des buses anti-dérive homologuées par le Ministère de l'Agriculture. La technologie anti-dérive a un impact sur la taille et la vitesse des gouttes. Les gouttes de grande taille et rapides sont moins sensibles à la dérive.
- » En Belgique on peut réduire les ZNT si on utilise des techniques anti-dérive ou des mesures protectives (haies...). Les possibilités sont listées dans des tableaux sur www.fytoweb.be.
- » En dehors du cadre des ZNT, pour éviter la dérive vers le voisinage, il est possible :
 - d'utiliser une technologie anti-dérive :
 - des buses anti-dérive. Toutefois, ces buses sont moins efficaces et sont réservées uniquement aux situations où on ne peut pas attendre que le vent tombe.
 - un adjuvant spécifique peut être ajouté au produit pulvérisé. Ces adjuvants limitent le nombre de fines gouttes, très sensibles à la dérive. Un adjuvant anti-dérive peut également améliorer de 20% la fixation du produit phytopharmaceutique sur la feuille. Bien lire l'étiquette et les recommandations du fournisseur pour savoir si et comment et quand cet adjuvant peut être incorporé.
 - Une rampe à assistance d'air : en utilisant l'assistance d'air orientée vers le bas, on donne aux gouttes une vitesse accrue, ce qui permet d'obtenir une meilleure pénétration. Les gouttes plus petites bénéficient en

outre d'un avantage supplémentaire : elles peuvent être déposées à des endroits que les plus grosses gouttes ne peuvent atteindre.

- d'adapter la vitesse et la hauteur de la rampe de pulvérisation.
- » Ayez toujours des buses de rechanges à bord, ainsi que des gants à usage unique pour procéder au changement. Avant d'intervenir sur la rampe, avancer le tracteur sans traiter pour descendre dans une zone non pulvérisée.
- » Les abeilles butinent, protégeons les ! Respectez la **réglementation relative aux abeilles** et lisez attentivement la note nationale BSV 2012 sur les abeilles. Dans les situations proches de la floraison, en pleine floraison ou en période de production d'exsudats, utiliser un insecticide ou acaricide portant la mention «abeille», autorisé «pendant la floraison mais toujours en dehors de la présence d'abeilles» et intervenir le soir par température <13°C (et jamais le matin). Il est formellement interdit de mélanger pyréthrinoides et triazoles ou imidazoles. Si elles sont utilisées, ces familles de matières actives doivent être appliquées à 24 heures d'intervalle en appliquant l'insecticide pyréthrinolide en premier.
- » Il est obligatoire de tenir un **registre phytosanitaire** de vos interventions phytopharmaceutiques (date, nom du produit, parcelle dose, ...) dans le cadre de la conditionnalité des aides PAC en France ou conformément des exigences de l'AFSCA en Belgique. Il s'agit d'assurer un suivi des traitements appliqués.

Après le traitement

» Rincez l'appareil de pulvérisation

- **sur l'aire de remplissage et de rinçage** prévue à cet effet avec réception des eaux résiduelles
- ou **au champ** (une seule fois par an sur une même surface) : utilisez pour ce faire la méthode de rinçages successifs :
 - Employez un réservoir à eau propre disposant d'un volume suffisant (au moins 10 % du volume de la cuve de pulvérisation).
 - Diluez la bouillie avec un volume d'eau suffisant (5 fois le volume du fond de cuve) l'eau dans le réservoir d'eau de rinçage et pulvériser à vitesse rapide sur le champ déjà traité ; réalisez l'opération au moins 3 fois pour obtenir une dilution au 100ème ; le fond de cuve dilué au 100ème peut être soit vidangé (une fois par an sur une même surface) sur la zone traitée, soit réutilisé (sous la responsabilité de l'utilisateur).
 - La dose maximale autorisée doit être respectée après épandages des fonds de cuve dilués
 - NE déversez JAMAIS les eaux de rinçage dans le cours

d'eau ou les égouts ! Aucun épandage, vidange ou rinçage n'est autorisé à moins de 50 m des points d'eau, caniveaux, bouches d'égout et de 100 m des lieux de baignade et plages, des piscicultures et zones conchylicoles et des points de prélèvement d'eau destinée à la consommation humaine ou animale.

- La vidange ou le rinçage sont interdits pendant les périodes au cours desquelles le sol est gelé ou abondamment enneigé et sur les terrains en forte pente, très perméables ou présentant des fentes de retrait. Ils doivent être réalisés sur un sol capable d'absorber ces effluents, en dehors des périodes de saturation en eau de ce sol et en l'absence de précipitations.
- » Le **nettoyage extérieur** de l'appareil de pulvérisation peut également se faire dans le champ, à une distance suffisante du cours d'eau, après au moins un rinçage interne, ou sur l'aire de remplissage et de rinçage avec réception des eaux de rinçage.
- » Traitez les eaux résiduelles, par exemple à l'aide de systèmes de purification biologiques tels qu'un filtre bio ou un phytobac.
- » Respecter le **délai de rentrée** (DRE), c'est-à-dire la durée pendant laquelle aucune personne ne doit pénétrer dans un lieu (champs, locaux fermés tels que serres) où a été appliqué un produit phytopharmaceutique. Cette durée est au minimum de 6 heures pour un lieu ouvert et de 8 heures pour un lieu fermé. Il est de 24 heures pour les produits irritants (R36, R38, R41) et de 48 heures pour les produits sensibilisants R42, R43).
- » Respecter également le **délai avant récolte** (DAR) : il s'agit de la durée entre l'application et la récolte nécessaire pour limiter le risque de présence de résidus phytopharmaceutiques dans les productions agricoles. Le DRE et le DAR

sont indiqués sur l'étiquette tout comme les mentions de dangers et conseils de prudence.

La gestion des emballages vides, des produits non utilisables et des effluents

- » Les emballages vides de produits phytopharmaceutiques (EVPP) doivent être rincés à l'eau claire et les eaux de rinçage doivent être vidées dans la cuve du pulvérisateur.
 - Si l'est manuel, le rinçage doit être effectué de la manière suivante : introduire de l'eau claire jusqu'au tiers, remettre le bouchon, secouer vigoureusement en retournant le bidon, verser dans la cuve et répéter cette opération au moins 3 fois jusqu'à ce que de l'eau claire en ressorte.
 - Si vous disposez d'un rince-bidon, utilisez-le selon les recommandations du fabricant.
 - Les bidons rincés sont ensuite égouttés et mis en sac (les bouchons sont placés à part : dans la poche réservée aux boîtes et sacs).
 - Les EVPP sont des déchets dangereux et doivent être éliminés de façon appropriée : collecte ADIVALOR en France, Phytophar Recover en Belgique ou société agréée.
- » Les **produits phytosanitaires non utilisables** (périmés, homologation retirée, ...) sont également considérés comme des déchets dangereux à éliminer de façon appropriée dans un délai d'un an : collecte ADIVALOR en France, Phytophar Recover en Belgique ou société agréée.
- » Traitez les effluents phytopharmaceutiques à l'aide de dispositifs reconnus efficaces par le Ministère de l'Agriculture et adaptés à vos cultures :
 - Biologique (lit biologique ou biobac ou phytobac)
 - Physico-chimique (osmose inverse)
 - Physique (photocatalyse sur support)

Toutes les données réglementaires citées sont valables en novembre 2014. En raison des évolutions réglementaires possibles, il est nécessaire de toujours se référer à la réglementation en vigueur.

Pour aller plus loin :

- » Les Bulletins Santé du Végétal sont disponibles gratuitement sur le site de la DRAAF : <http://draaf.nord-pas-de-calais.agriculture.gouv.fr/Sante-des-vegetaux>
- » Les produits phytopharmaceutiques homologués en France sont disponible sur le catalogue officiel e-phy : <http://e-phy.agriculture.gouv.fr/>
- » Les produits phytopharmaceutiques homologués en Belgique sont disponible sur <http://www.fytoweb.be/>
- » De Marez T. & Mestdagh I.: Bandbespuiting witloof voor de bestrijding van de wollige slawortelluis; Jade Info 13 – november 2011
- » De Nies J., De Reycke L., Pluym S. & Callens D.: Bandbespuiting en doordachte middelenkeuze zorgen voor reductie; Proeftuinnieuws 03 – 1/02/2008
- » De Rooster L.: Bandbespuiting wacht op geschikte mechanisatie; Proeftuinnieuws 07 – 28/03/2008
- » De Rooster L. & Goossens D.: Efficiëntie van driftreducerende spuitdoppen en bandbespuiting; Proeftuinnieuws 04 - 13/02/2009
- » D'hoop M. & Pauwelyn E.: Drift beperken - Wat is mogelijk en wat zijn de effecten?; Proeftuinnieuws 08 – 5/04/2013
- » ÉCOPHYTO2018 ; Guide pratique pour la conception de systèmes de culture légumes économes en produits phytopharmaceutiques; http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Guide_le_gumes_Fiches_Techniques_cle067b82.pdf
- » Inagro: Vijanden van gewassen en hun beheersing 2014-2015; juni 2014
- » Inagro en Nationale Proeftuin voor Witloof: Witloof en IPM – Praktische leidraad voor de witlooftelers; maart 2014
- » Tessier M.C. & Leroux G.D.: Banded herbicide application; 2010
- » TOPPS Prowadis: Goede landbouwpraktijken om drift te reduceren; 2014
- » TOPPS Prowadis: Goede landbouwpraktijken om afspoeling en erosie van gewasbeschermingsmiddelen te beperken; 2014
- » Vlaamse Overheid Beleidsdomein Landbouw en Visserij: Praktijkgids gewasbescherming; 25/11/2013
- » Vlaamse Overheid Beleidsdomein Landbouw en Visserij: Gewasbescherming bieten; 2010
- » www.toolboxwater.nl: Toolbox emissiebeperking - Driftreducerende spuittechnieken; december 2013
- » www.topps-life.org
- » www.topps-drift.org



LA PROTECTION INTÉGRÉE
EN MARAÎCHAGE ET CULTURE DE FRAISE

LA PROTECTION INTÉGRÉE: LES PRINCIPES

I.

La **protection intégrée** est une stratégie de protection des cultures basée sur l'utilisation complémentaire de différentes méthodes, donnant la priorité aux solutions alternatives. Il s'agit en effet d'« intégrer » différents outils pour construire une stratégie globale de protection contre les maladies et ravageurs des plantes. Parmi ces outils, on peut citer :

- » les moyens physiques (couverture du sol, utilisation de filets insect proof),
- » les mesures culturales (rotation des cultures, gestion du climat dans le cas des cultures sous abris),
- » les mesures prophylactiques (désinfection des outils, élimination des déchets végétaux, suppression des adventices potentiellement réservoirs de ravageurs ou agents pathogènes),
- » les moyens génétiques (choix de variétés moins sensibles aux maladies et ravageurs),
- » les mesures agro-techniques (aménagement de l'environnement des parcelles cultivées avec la mise en place de plantes favorables aux auxiliaires sous forme de haies ou de bandes fleuries, mise en place de cultures intermédiaires assainissantes),
- » les moyens biotechnologiques (utilisation des phéromones pour le piégeage des insectes)
- » les moyens mécaniques (décapage mécanique des ravageurs),
- » la protection biologique grâce aux auxiliaires (utilisation de moyens biologiques c'est-à-dire d'organismes vivants, ennemis naturels des ravageurs),
- » l'utilisation en dernier recours des produits insecticides et fongicides, si aucune autre méthode n'est applicable.



Introduction d'auxiliaires en culture de fraise sous abri

FREDON NPIC



Piégeage des insectes sur panneaux englués bleus, en culture de fraise

FREDON NPIC



Bande fleurie favorable aux auxiliaires en bordure de champ

FREDON NPIC

Dans certains cas, la protection intégrée combine plusieurs méthodes mais donne la priorité à l'utilisation des moyens biologiques. On parle alors de **Protection Biologique Intégrée** ou PBI. Les auxiliaires utilisés sont des organismes vivants, comme certains insectes ou acariens, choisis car ils sont capables de prévenir ou limiter le développement des bioagresseurs. Lorsqu'ils ne sont pas spontanément présents ou en quantités insuffisantes, les auxiliaires peuvent être introduits sur les cultures à protéger. On pratique alors ce qu'on appelle la protection biologique par introduction. Il est également possible de mettre en place une protection biologique par conservation, grâce à l'aménagement végétal aux abords des parcelles cultivées, destiné à favoriser la présence et l'action des auxiliaires.



Utilisation de filet insect-proof contre la mouche mineuse des alliacées

FREDON NPIC



Piège à phéromone pour le suivi de la teigne des crucifères

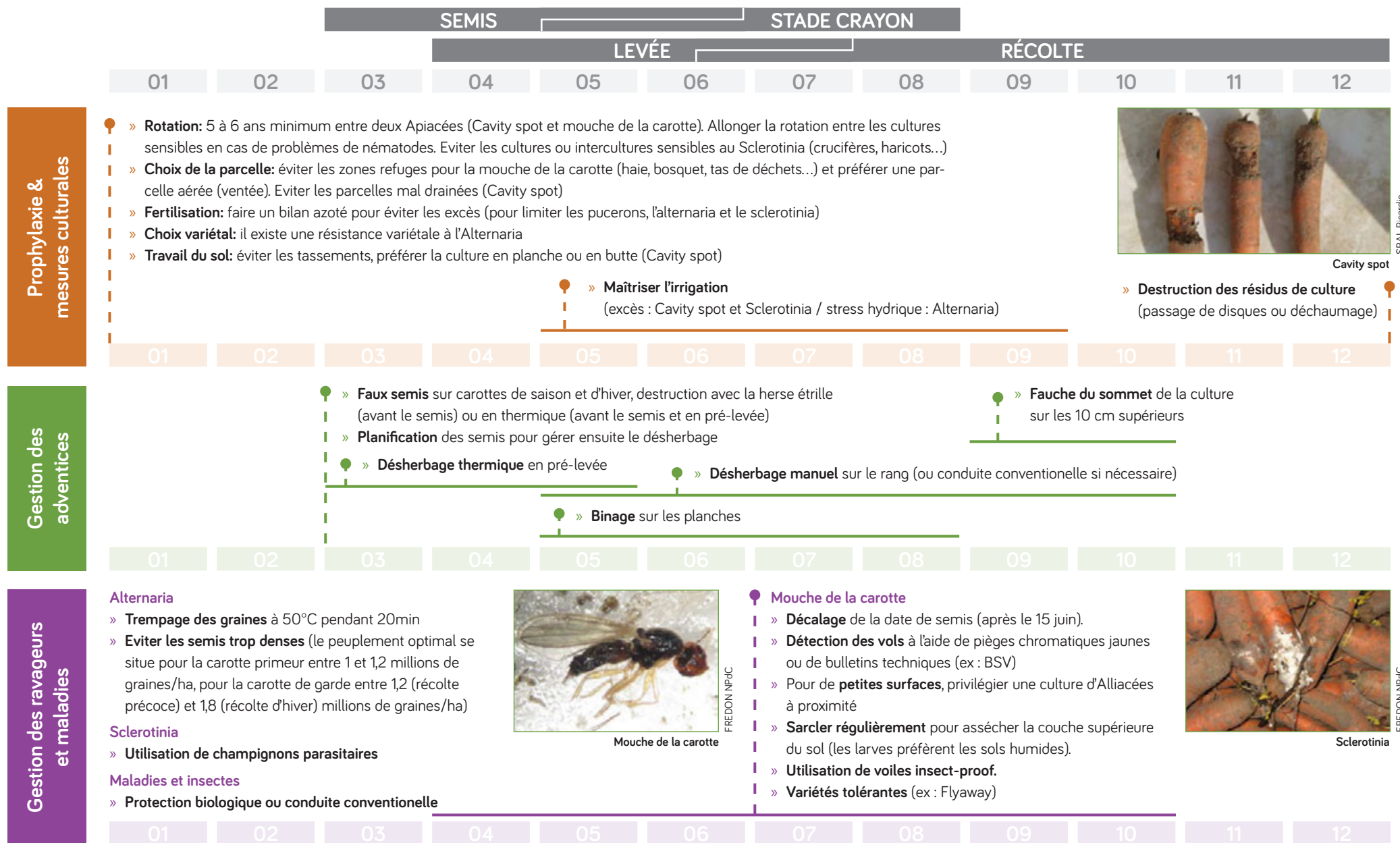
FREDON NPIC

La protection intégrée n'envisage d'avoir recours à la lutte chimique, qu'en dernier lieu, si aucune autre méthode n'est applicable. Quand elle est nécessaire, la lutte chimique est alors mise en oeuvre selon les principes de la lutte chimique **raisonnée**. Celle-ci nécessite l'évaluation de la situation sanitaire par observation des cultures et piégeage des ravageurs, l'utilisation de seuils de tolérance, l'utilisation de modèles de prévision des risques (quand ils existent), le choix de produits spécifiques peu polyvalents, peu ou non toxiques pour les organismes utiles (auxiliaires), l'environnement et l'homme.



CAROTTE

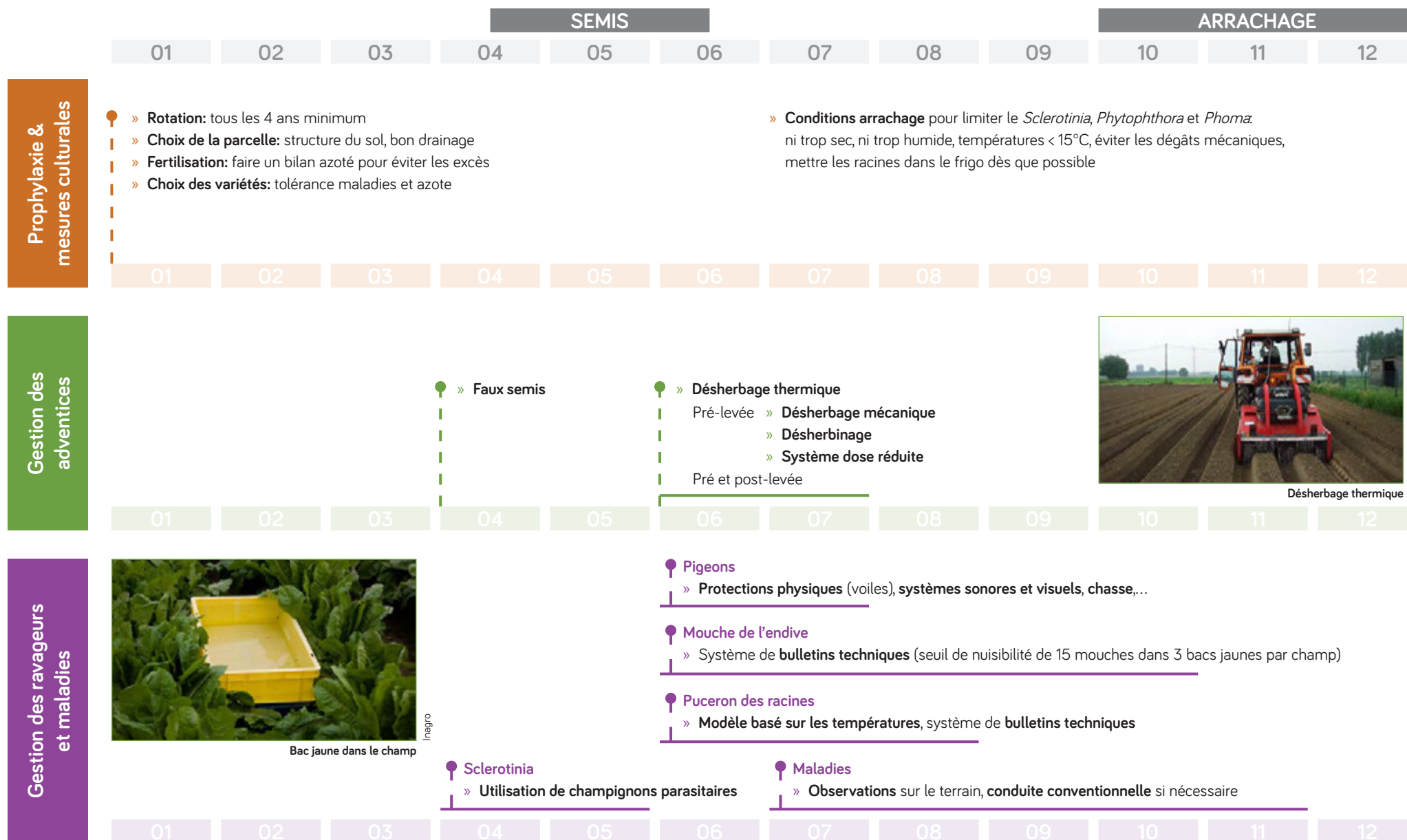
Calendrier CAROTTE



Les principes de la Protection Intégrée : voir page I



ENDIVE: CHAMPS



Les principes de la Protection Intégrée : voir page I



ENDIVE: FORÇAGE

FORÇAGE											
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12

Prophylaxie & mesures culturales

- » **Mettre les racines dans le frigo** dès que possible
- » **Bonne conservation des racines en chambre froide:** température, humidité (adaptées à la variété)
- » **Choix des variétés:** tolérance maladies (surtout Phytophthora), adaptées aux périodes de forçage
- » **Vérifier visuellement la qualité sanitaire** des racines ou par forçage sur une petite quantité de racines
- » **Climat adéquat dans la salle de forçage, température de l'eau:** adapté à la variété et à la période
- » **Éliminer les déchets**
- » **Nettoyage** de l'installation



Inagro

Le forçage

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Gestion des ravageurs et maladies

- **Sclerotinia, Phytophthora, Phoma, bactérioses, mouche de l'endive**
- » **Protection biologique ou conduite conventionnelle**



Inagro

Sclerotinia

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

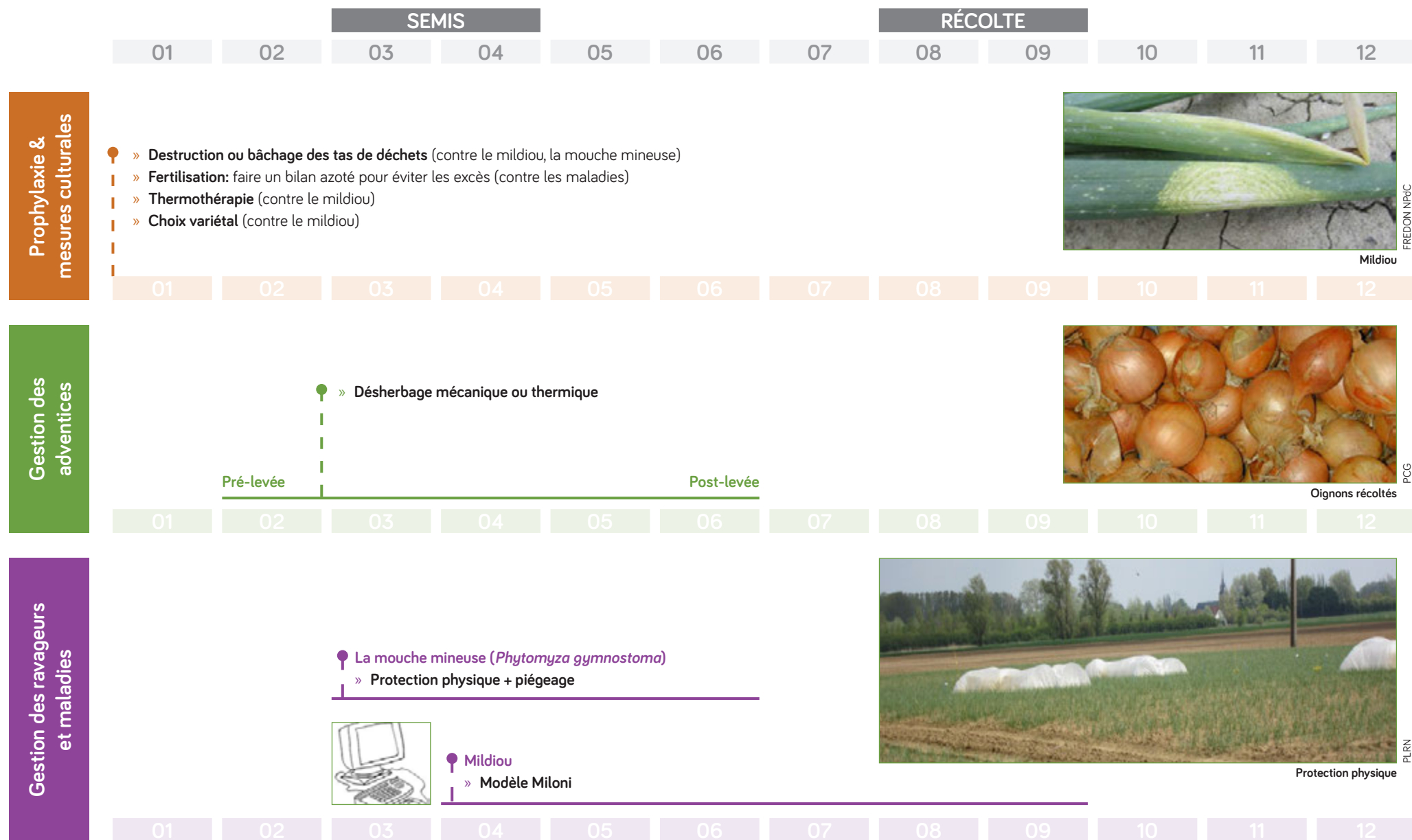
Les principes de la Protection Intégrée : voir page I



OIGNON, AIL, ECHALOTE

Calendrier OIGNON, AIL, ECHALOTE

V.



Les principes de la Protection Intégrée : voir page I



CHOUX

PLANTATION

SEMIS

RÉCOLTE

01

02

03

04

05

06

07

08

09

10

11

12

Prophylaxie & mesures culturales

- » **Fertilisation:** faire un bilan azoté pour éviter les excès
- » **Thermothérapie:** contre les maladies (Xanthomonas)
- » **Choix variétal** (thrips)
- » **Réduire la densité de plantation:** plus d'aération, moins de maladies
- » **Éviter les dégâts mécaniques:** portes d'entrée pour les bactéries
- » **Nettoyer et désinfecter** le matériel (bactéries)



Xanthomonas PCC

- » **Destruction ou incorporation** des résidus de culture

01

02

03

04

05

06

07

08

09

10

11

12

Gestion des adventices

- **Désherbage** mécanique (binage) après la plantation



Binage entre les rangs Inagro

01

02

03

04

05

06

07

08

09

10

11

12

Gestion des ravageurs et maladies



Systèmes sonores et visuels Inagro

- **Pigeons**
 - » **Protection physique** (voiles), systèmes sonores et visuels, chasse,...
- **Insectes** comme mouches du chou, aleurodes, mouches mineuses, chenilles, pucerons, thrips,...
- **Maladies** comme le *Mycosphaerella*, le mildiou, la rouille blanche, l'oïdium, le *Rhizoctonia*, l'Alternariose...
 - » **Protection biologique ou conduite conventionnelle**
- **Plutella xylostella**
 - » **Système d'observation, de piégeage et de bulletins techniques**
(exemple de seuil de nuisibilité: 40% des plantes sont attaquées par les chenilles) (Van de Steene, 1994, phd)
- **Mouches du chou, chenilles**
 - » **Protection physique** à l'aide de filets

01

02

03

04

05

06

07

08

09

10

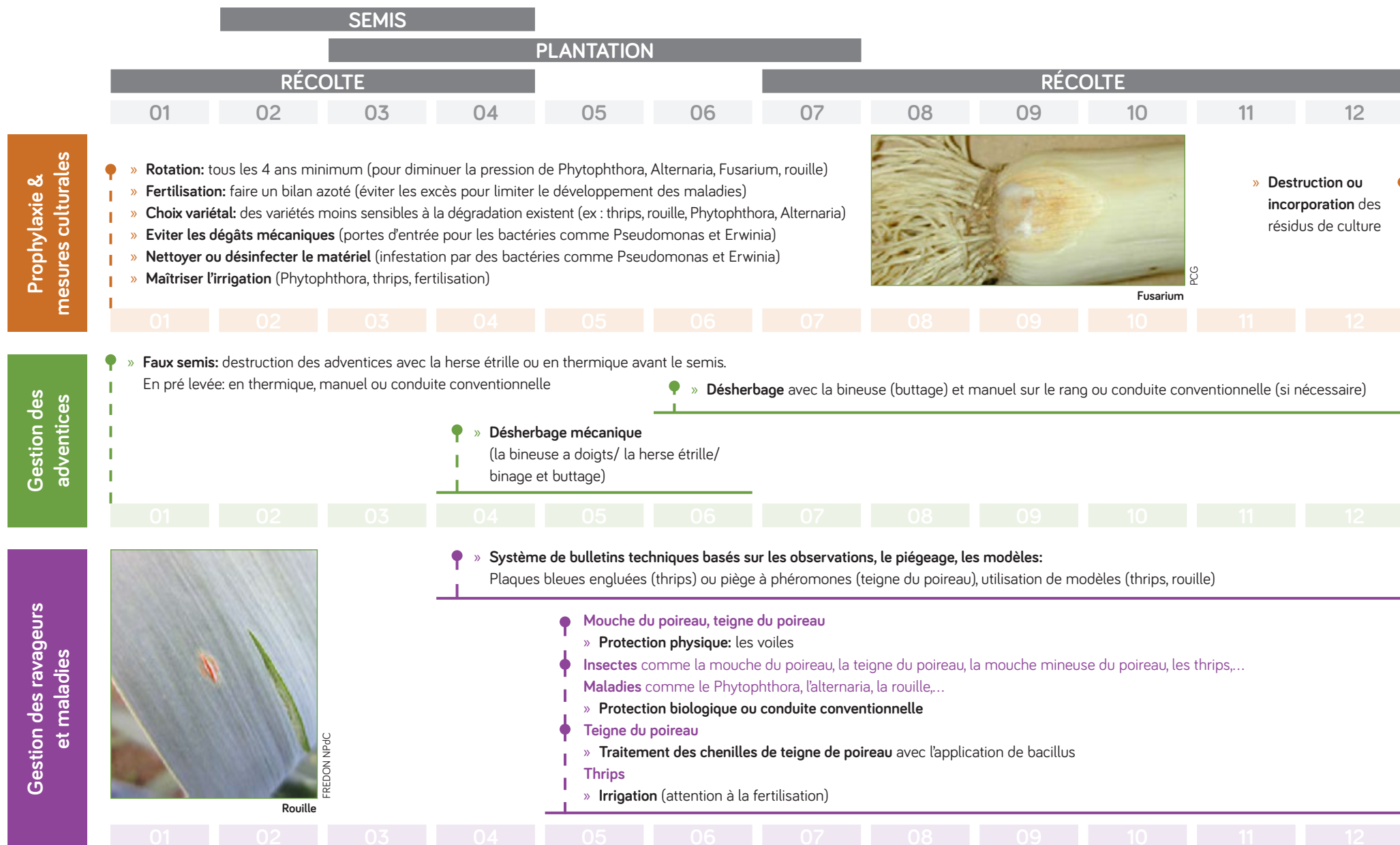
11

12

Les principes de la Protection Intégrée : voir page I



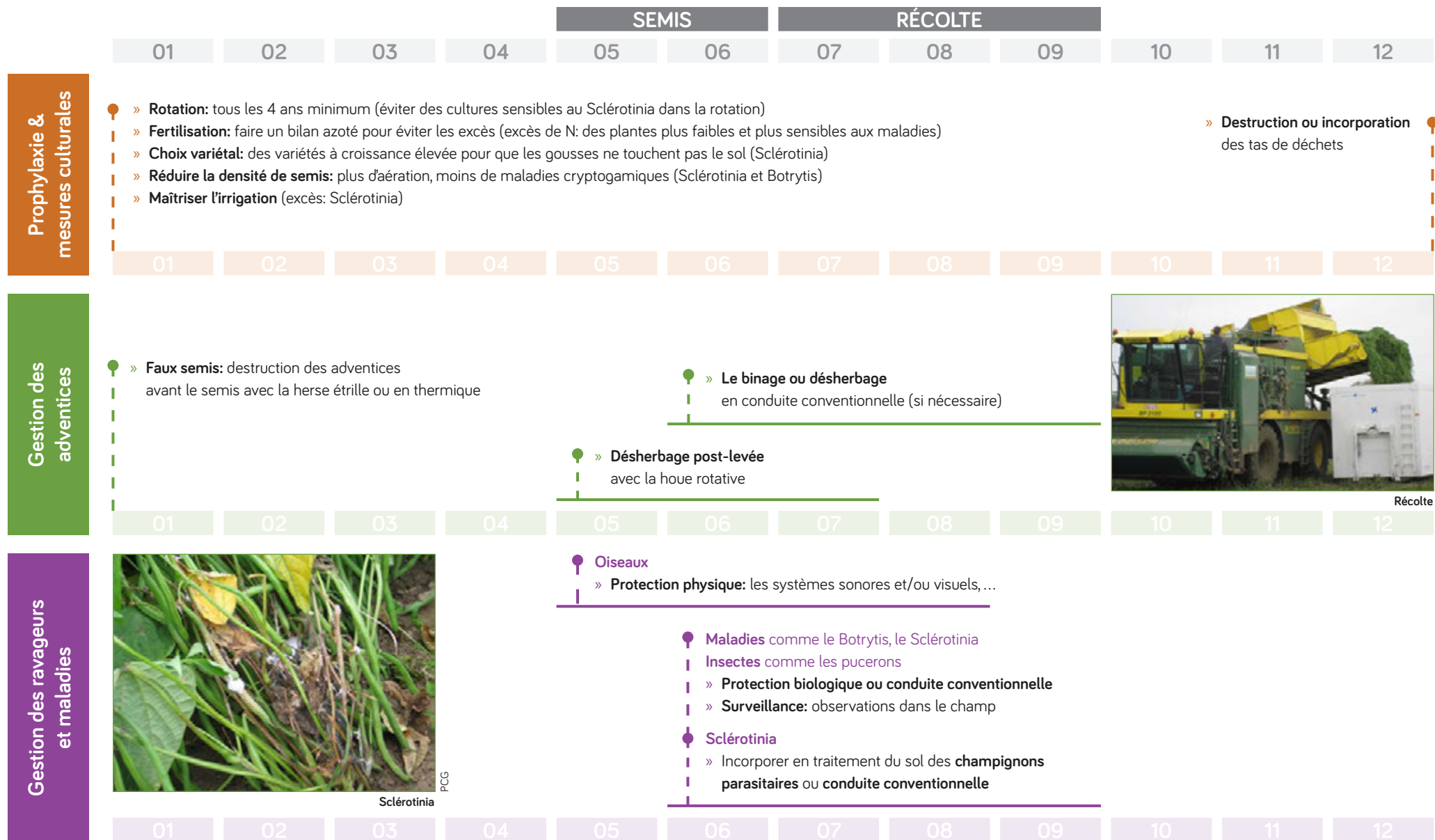
POIREAU



Les principes de la Protection Intégrée : voir page I



HARICOT



Les principes de la Protection Intégrée : voir page I



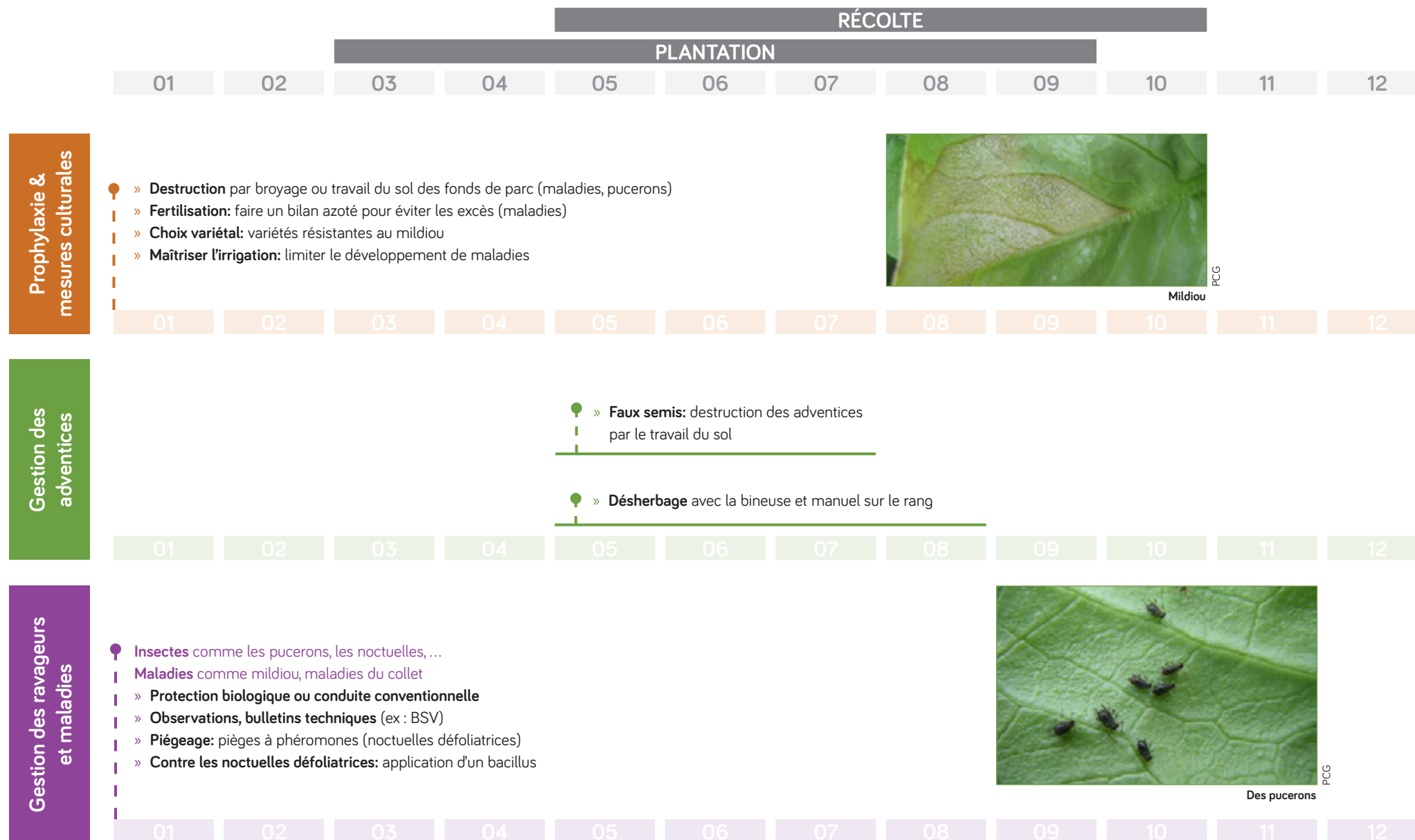
PETITS POIS



Les principes de la Protection Intégrée : voir page I



.....
SALADES



Les principes de la Protection Intégrée : voir page I

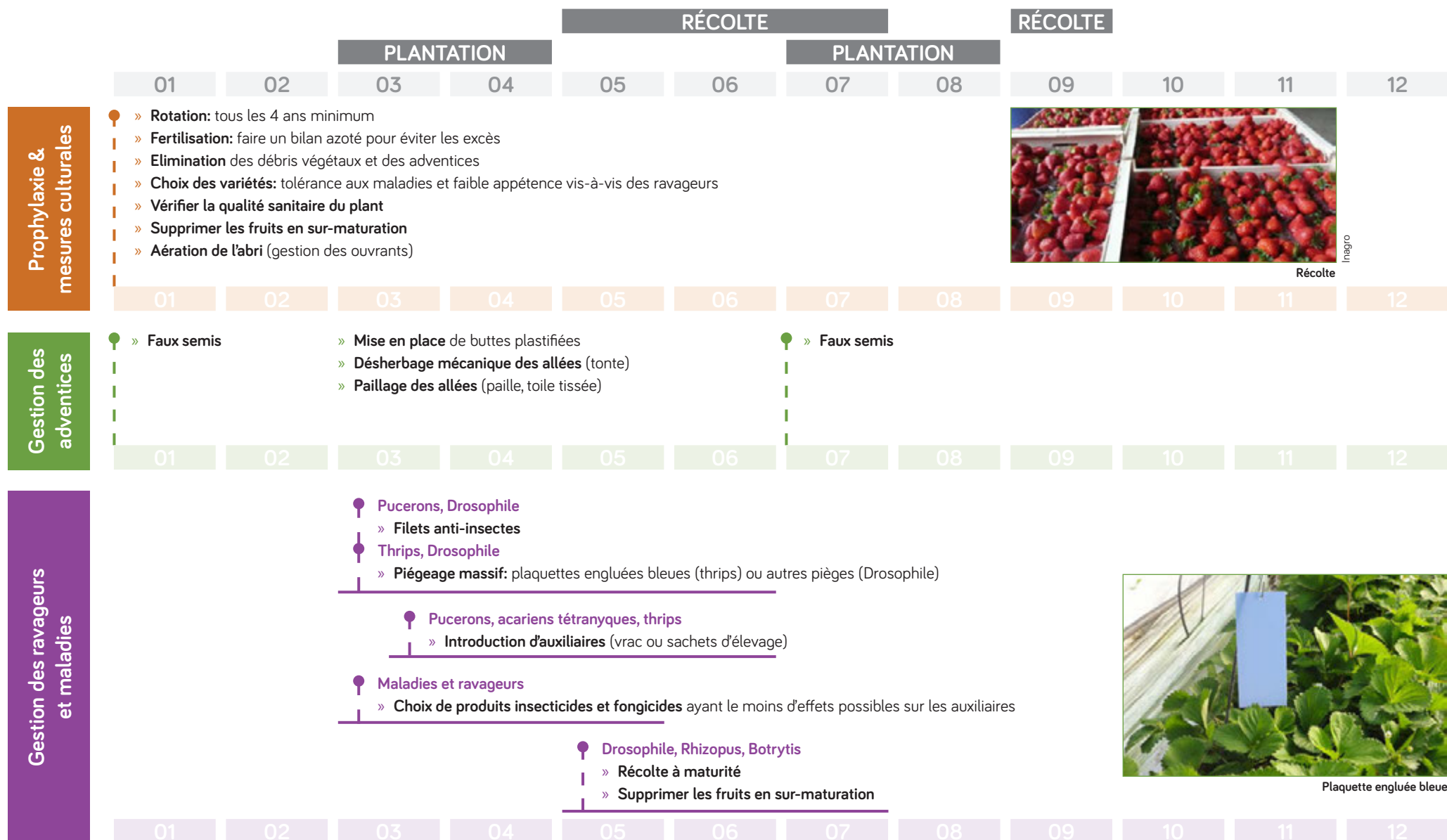


FRAISE PLEINE TERRE SOUS ABRIS

Calendrier FRAISE PLEINE TERRE SOUS ABRIS

XI.

CRENEAU DE PRODUCTION: SAISON



- » **Rotation:** tous les 4 ans minimum
- » **Fertilisation:** faire un bilan azoté pour éviter les excès
- » **Elimination** des débris végétaux et des adventices
- » **Choix des variétés:** tolérance aux maladies et faible appétence vis-à-vis des ravageurs
- » **Vérifier la qualité sanitaire du plant**
- » **Supprimer les fruits en sur-maturation**
- » **Aération de l'abri** (gestion des ouvrants)



Récolte Inagro

- » **Faux semis**
- » **Mise en place** de buttes plastifiées
- » **Désherbage mécanique des allées** (tonte)
- » **Paillage des allées** (paille, toile tissée)
- » **Faux semis**

- **Pucerons, Drosophile**
 - » **Filets anti-insectes**
- **Thrips, Drosophile**
 - » **Piégeage massif:** plaquettes engluées bleues (thrips) ou autres pièges (Drosophile)
- **Pucerons, acariens tétranyques, thrips**
 - » **Introduction d'auxiliaires** (vrac ou sachets d'élevage)
- **Maladies et ravageurs**
 - » **Choix de produits insecticides et fongicides** ayant le moins d'effets possibles sur les auxiliaires
- **Drosophile, Rhizopus, Botrytis**
 - » **Récolte à maturité**
 - » **Supprimer les fruits en sur-maturation**



Plaquette engluée bleue Inagro

Les principes de la Protection Intégrée : voir page I

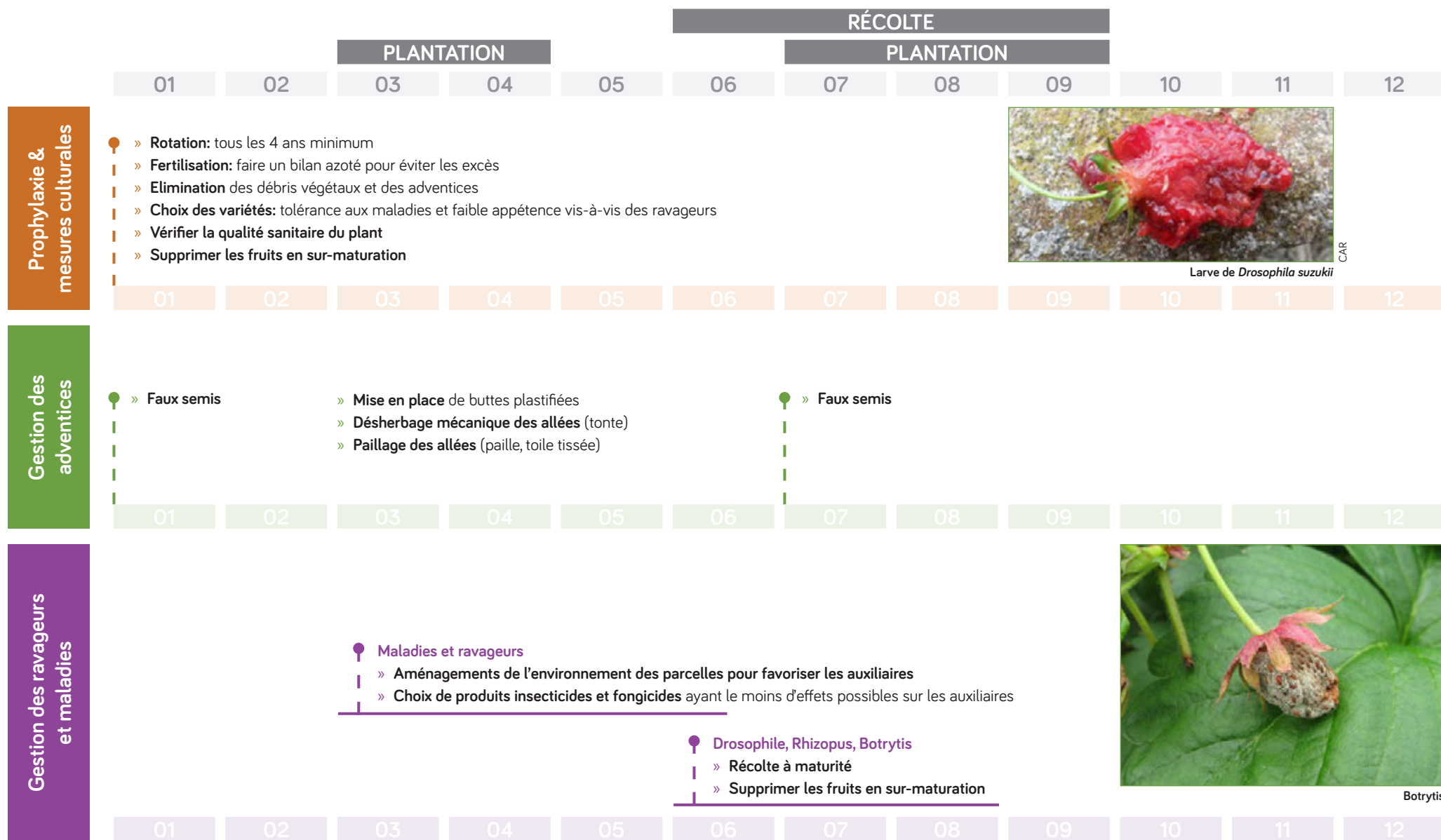


Echanges transfrontaliers pour le Maraîchage et la culture de fraise, favorisant les Méthodes Alternatives



FRAISE PLEINE TERRE PLEIN AIR

CRENEAU DE PRODUCTION: SAISON

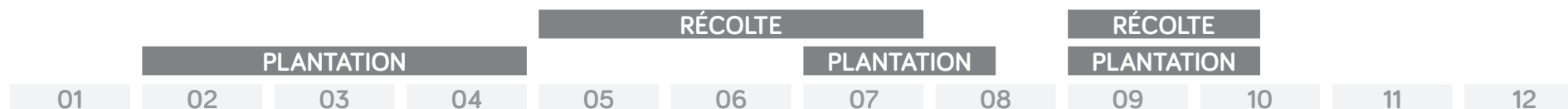


Les principes de la Protection Intégrée : voir page I



FRAISE HORS SOL SOUS ABRIS NON CHAUFFÉS
FRAISE DE SAISON

CRENEAU DE PRODUCTION: SAISON



Prophylaxie & mesures culturales

- » Environnement extérieur entretenu (ravageurs)
- » Nettoyage du tunnel: vide sanitaire d'1 mois minimum entre deux cultures
- » Élimination des débris végétaux
- » Gestion des adventices au sol
 - Maintien d'un couvert végétal entretenu par tonte
 - Paillage (toile tissée)
- » Vérifier la qualité sanitaire du plant
- » Choix des variétés: tolérance aux maladies et faible appétence vis-à-vis des ravageurs
- » Supprimer les fruits en sur-maturation
- » Maîtrise de la ferti-irrigation (excès et carence)
- » Aération de l'abri (gestion des ouvrants)



Dégâts de thrips

FREDON NFRPC



Gestion des ravageurs et maladies

- Pucerons, Drosophile
 - » Filets anti-insectes

- Thrips, Drosophile
 - » Piégeage massif: plaquettes engluées bleues (thrips) ou autres pièges (Drosophile)

- Pucerons, acariens tétranyques, thrips
 - » Introduction d'auxiliaires (vrac ou sachets d'élevage)

- Maladies et ravageurs
 - » Aménagements de l'environnement des parcelles pour favoriser les auxiliaires
 - » Choix de produits insecticides et fongicides ayant le moins d'effets possibles sur les auxiliaires

- Drosophile, Rhizopus, Botrytis
 - » Récolte à maturité
 - » Supprimer les fruits en sur-maturation



Thrips sur fraisier

FREDON NFRPC



Les principes de la Protection Intégrée : voir page I



Echanges transfrontaliers pour le Maraîchage et la culture de fraise, favorisant les Méthodes Alternatives



FRAISE HORS SOL SOUS ABRIS NON CHAUFFÉS
FRAISE REMONTANTE

CRENEAU DE PRODUCTION: REMONTANTE

	PLANTATION				RÉCOLTE							
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Prophylaxie & mesures culturales	<ul style="list-style-type: none"> » Environnement extérieur entretenu (ravageurs) » Nettoyage du tunnel: vide sanitaire d'1 mois minimum entre deux cultures » Élimination des débris végétaux » Gestion des adventices au sol <ul style="list-style-type: none"> · Maintien d'un couvert végétal entretenu par tonte · Paillage (toile tissée) » Vérifier la qualité sanitaire du plant » Choix des variétés: tolérance aux maladies et faible appétence vis-à-vis des ravageurs » Supprimer les fruits en sur-maturation » Maîtrise de la ferti-irrigation (excès et carence) » Aération de l'abri (gestion des ouvrants) 											
												
	<small>FREDON NPJC</small> <small>Aération de l'abri</small>											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12

Gestion des ravageurs et maladies	<ul style="list-style-type: none"> ● Pucerons, Drosophile <ul style="list-style-type: none"> » Filets anti-insectes 											
	<ul style="list-style-type: none"> ● Thrips, Drosophile <ul style="list-style-type: none"> » Piégeage massif: plaquettes engluées bleues (thrips) ou autres pièges (Drosophile) 											
	<ul style="list-style-type: none"> ● Pucerons, acariens tétranyques, thrips <ul style="list-style-type: none"> » Introduction d'auxiliaires (vrac ou sachets d'élevage) 											
	<ul style="list-style-type: none"> ● Maladies et ravageurs <ul style="list-style-type: none"> » Aménagements de l'environnement des parcelles pour favoriser les auxiliaires » Choix de produits insecticides et fongicides ayant le moins d'effets possibles sur les auxiliaires 											
	<ul style="list-style-type: none"> ● Drosophile, Rhizopus, Botrytis <ul style="list-style-type: none"> » Récolte à maturité » Supprimer les fruits en sur-maturation 											
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	

Les principes de la Protection Intégrée : voir page I