

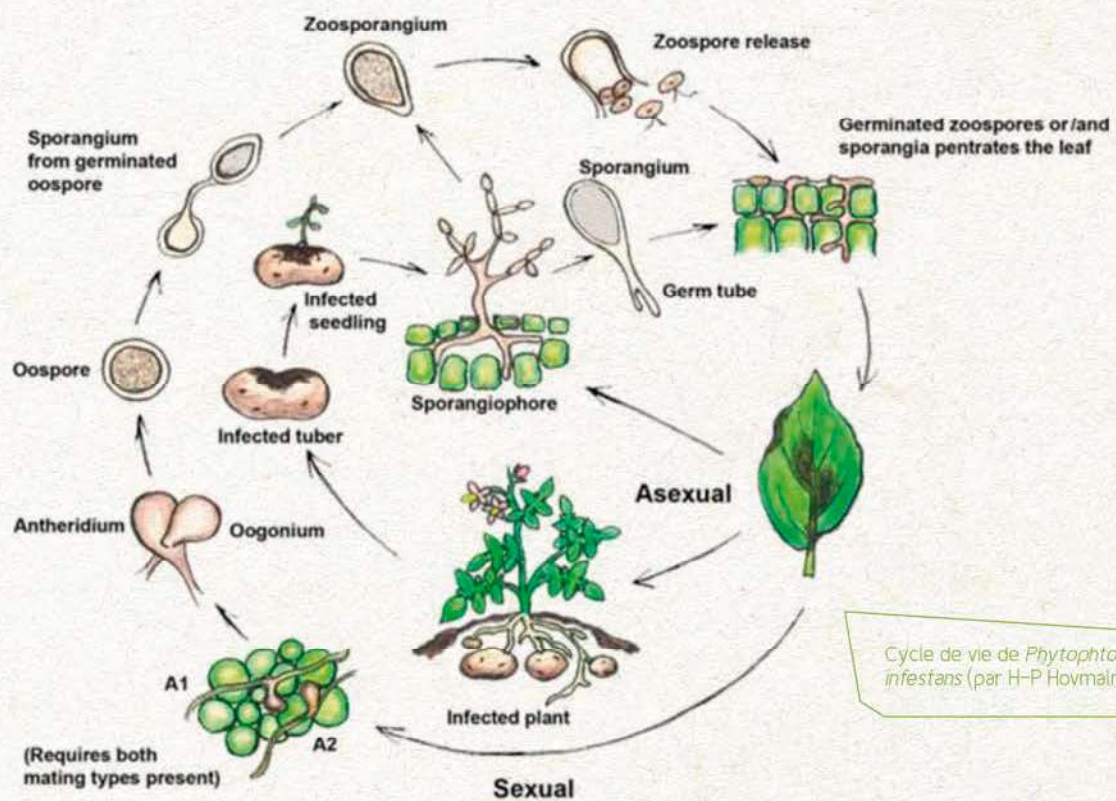
En maraîchage

Prisca Sallets, Biowallonie

En maraîchage, le cuivre est homologué uniquement pour la culture de la tomate, des racines de chicons ainsi qu'à la mise en place du forçage des chicons. Le tableau 1 reprend les produits homologués en Belgique par légumes, leur composition, les délais avant récolte ainsi que le nombre d'applications autorisées. Toutefois, le cuivre est peu utilisé contre le mildiou de la tomate et semble également de moins en moins être appliqué contre les maladies bactériennes en production de chicons.

Tableau 1: Usages actuels homologués du cuivre en production légumière en Belgique (source : Phytoweb (novembre 2019))

Substance active	Composition	Nom commercial	Culture	Pour lutter contre	Nombres d'applications maximum autorisées	Délai avant récolte en semaines
Sulfate de cuivre	20% sulfate de cuivre	Bouillie bordelaise	Tomate (sous protection)	mildiou, taches foliaires	3	2
			Tomate (plein air)			
Oxychlorure de cuivre	50% Oxychlorure de cuivre	Cuperit, Cuprex 50%, Cuprex 50%WG	Tomate (sous protection)	mildiou, alternariose des solanacées	4	2
			racines de chicons (plein air)	pourriture bactérienne	2	3
			forçage de chicons en hydroponie		1	à la mise en place
			forçage de chicons en fosse			
		Cuprex Garden (usage amateur)	Tomate (sous protection)	mildiou, alternariose des solanacées	4	2
			Tomate (plein air)			
			racines de chicons (plein air)	pourriture bactérienne	2	3
			forçage de chicons en hydroponie		1	à la mise en place
			forçage de chicons en fosse			
Hydroxyde de cuivre	25% hydroxyde de cuivre	Cuprex	Tomate (sous protection)	mildiou, alternariose des solanacées	4	2
		Cuprex	racines de chicons (plein air)	pourriture bactérienne	2	3
		Cuprex	forçage de chicons en hydroponie		1	à la mise en place
		Cuprex	forçage de chicons en fosse			
		Cuprex	Tomate (sous protection)	mildiou	4	2
		Cuprex	Tomate (plein air)			
	40% hydroxyde de cuivre	Hydro WG, KO-Plus 40, Koperhydroxide WG	Tomate (sous protection)	mildiou, alternariose des solanacées	4	2
			racines de chicons (plein air)	pourriture bactérienne	2	3
			forçage de chicons en hydroponie		1	à la mise en place
			forçage de chicons en fosse			

Le mildiou de la tomate *Phytophthora infestans*¹Cycle de vie de *Phytophthora infestans* (par H-P Hovmalm)

P. infestans se développe aussi bien en pommes de terre qu'en tomates. Cependant, cette maladie est beaucoup plus présente en pommes de terre et tomates en plein champ qu'en tomates sous protection. Différentes souches existent, certaines plus spécifiques à la tomate ou à la pomme de terre, mais elles peuvent toutes se développer sur l'une ou l'autre de ces cultures ainsi que sur le poivron et l'aubergine. Les adventices de la famille des solanacées peuvent parfois présenter quelques taches mais de manière générale, les espèces présentes sur notre territoire sont peu atteintes par le mildiou.

P. infestans est un oomycète qui produit du mycélium. La plupart du temps, le cycle du champignon est végétatif. Il se conserve l'hiver sous forme de mycélium asexué dans les tubercules ou les tas de déchets. Au printemps, le mycélium survivant produit des sporanges qui sont propagés par le vent et l'eau et vont infecter de nouvelles plantes. Une fois sur le limbe ou la tige, les sporanges libèrent des zoospores qui se meuvent avec les mouvements du film d'eau présent sur la plante (rosée ou pluie). Ces zoospores vont pénétrer dans le limbe via un tube germinatif. Cette infection primaire peut se réaliser en 3 à 4 heures si les conditions d'humidité et de

températures sont optimales, de l'ordre de 13°C (entre 8 et 15°C exactement). Ensuite, le mycélium se développe rapidement dans les tissus de la plante, à cet instant, la température optimale est de 23°C. Dans de bonnes conditions, les premières taches sont visibles entre 4 et 7 jours après la contamination. Après l'infection primaire, des cycles de contamination secondaire peuvent se succéder et causer une épidémie avec une destruction rapide du feuillage. C'est l'eau de pluie qui amène aussi les sporanges jusqu'aux tubercules via les fissures dans le sol. Une fois installé dans l'hôte, *P. infestans* émet des sporangiophores par les stomates. Ces organes produisent de nombreux sporanges. Cette étape nécessite la présence d'une forte humidité (des humidités relatives égales ou supérieures à 90 %) et des températures comprises entre 3 et 26°C. Sa sporulation sera optimale entre 16 et 22°C mais nulle à 28°C. Les sporanges sont aisément entraînés par le vent et la pluie, parfois sur de longues distances (plusieurs centaines de mètres) et gagnent de nouvelles plantes encore saines, assurant des contaminations secondaires. Les zoospores peuvent aussi assumer la même fonction, mais plus localement et essentiellement dans la phase aqueuse.

Le champignon peut également se reproduire par voie parasexuée² aujourd'hui en Europe. En effet, la reproduction parasexuée de ce champignon nécessite la présence de souches appartenant à deux groupes de compatibilité complémentaires : A1 et A2. Or, ceux-ci cohabitent aujourd'hui en Europe. La production d'oospores par reproduction parasexuée permettrait donc au champignon de se conserver plusieurs années dans le sol ainsi que de créer de nouveaux génotypes plus résistants aux traitements et contournant les résistances variétales développées en tomates.

Des nuits froides et des journées modérément chaudes, avec une forte humidité, favorisent son extension. En revanche, une atmosphère sèche et des températures supérieures à 30°C l'inhibent. Les périodes pluvieuses, les irrigations par aspersion, les rosées, sont aussi très favorables aux épidémies de mildiou. Le mildiou s'observe dans un premier temps à la face supérieure des feuilles par de petites taches décolorées qui brunissent. Ces taches sont entourées d'un halo vert clair à jaune. Ensuite, à la face inférieure, en conditions humides, les sporangiophores apparaissent sur le pourtour des taches et donnent un feutrage blanc.

¹ ephytia.inra.fr² Processus de reproduction sans fécondation

Traitement au cuivre :

Les produits cupriques agissent lorsque les premières spores se déposent sur la plante avant que les premiers symptômes n'apparaissent. Une fois que le champignon s'est développé dans les cellules de la plante, il ne pourra plus être éradiqué par le cuivre mais pourra être contenu par le cuivre en évitant les infections secondaires. Le fongicide à base de cuivre sera donc appliqué avant l'apparition des premiers symptômes lorsque le producteur juge que les conditions sont propices au développement de la maladie. Toutefois, l'usage du cuivre en tomates reste rare. En effet, d'autres alternatives existent aujourd'hui. De plus, un délai avant récolte de deux semaines est nécessaire après une application d'un fongicide à base de cuivre et toutes les formulations cuivrées homologuées laissent des traces bleues sur les tomates. Ces deux derniers éléments cantonnent donc les applications uniquement au printemps. Or, à cette période les mesures préventives agronomiques permettent d'éviter la maladie. Pour la culture des tomates en plein champ, aucun produit cuivré professionnel n'est homologué. Du coup, on peut se retrancher sur les PPP agréés pour un usage amateur (Agrément G).



Il semblerait que le traitement au cuivre soit pratiqué de manière ponctuelle lorsque la maladie est présente. À la suite d'une période humide au champ, les risques sont accrus et un traitement peut avoir lieu en cas d'observation de symptômes de maladies bactériennes. Un traitement cuprique peut également être appliqué lors de la préparation des racines pour leur mise en place lorsqu'un risque est avéré. Un mélange de chaux et de cuivre est appliqué pour assécher la coupure et éviter le développement de bactéries. Le cuivre n'a pas d'effet sur le *sclerotinia*.

Les maladies bactériennes en production de chicons :

Pectobacterium carotovorum (synonyme de *Erwinia carotova*) est la principale bactérie néfaste en forçage de chicons. On note également des dégâts avec *Pseudomonas sp.*

Traitement au cuivre :

Il semblerait que le traitement au cuivre soit pratiqué de manière ponctuelle lorsque la maladie est présente. À la suite d'une période humide au champ, les risques sont accrus et un traitement peut avoir lieu en cas d'observation de symptômes de maladies bactériennes. Un traitement cuprique peut également être appliqué lors de la préparation des racines pour leur mise en place lorsqu'un risque est avéré. Un mélange de chaux et de cuivre est appliqué pour assécher la coupure et éviter le développement de bactéries. Le cuivre n'a pas d'effet sur le *sclerotinia*.

Les méthodes alternatives à l'usage du cuivre en maraîchage biologique**La gestion agronomique des risques phytosanitaires****Les méthodes prophylactiques**

En prévention, on évacuera les résidus de la culture de tomates en fin de saison. Une rotation de minimum 4 ans des solanacées est également recommandée. On évitera d'implanter une culture de pommes de terre à proximité des tomates ainsi que de placer le compost et les écarts de tri des pommes de terre proche des tunnels.

On veillera à exporter les déchets des racines de chicons ainsi que le substrat loin du stockage des racines de chicons et du lieu de forçage. On évitera le rajout d'une terre trop riche lors du forçage ainsi que la culture des racines de chicons sur une parcelle trop riche.

La solarisation³ du terrain ou la rotation de la forçerie de chicon est également essentielle pour réduire la pression du pathogène.

La protection physique contre les infections

En tomate, la méthode préconisée est la culture sous abris. Cela évitera l'humectation du feuillage par la pluie. Toutefois, cette protection peut également entraîner le maintien de l'humidité par manque d'aération. Il est donc essentiel de bien maîtriser l'aération de ses cultures sous tunnel par une ouverture du tunnel adéquate (pignons, ouverture latérale, etc.), une hauteur et une largeur de tunnel suffisantes par rapport à sa longueur, ainsi qu'une orientation et une localisation permettant la circulation de l'air. Une bonne aération du tunnel permettra de réduire drastiquement le risque de mildiou durant l'été. En fin de saison, au mois de septembre

et octobre, ces conditions ne permettront pas de l'éviter mais à cette période, la production de cette culture décline de toute façon. Une des rares solutions en curatif face à une attaque de mildiou sera l'élévation de la température sous tunnel par la fermeture des ouvertures. En effet, à 35°C durant environ 1 h, le champignon meurt. C'est une solution souvent empruntée par les producteurs. Après aération, ils ferment le tunnel lorsque l'ensoleillement est important afin d'élever la température à plus de 35°C sous tunnel durant quelques heures, en veillant à ne pas dépasser 40°C. Lorsque le fruit ou la tige est atteint, la durée de chauffage doit être plus longue car l'inertie du fruit est plus importante que la feuille ; mais le plus simple est de cueillir et évacuer les fruits atteints. Cette méthode est valable uniquement pour le mildiou.

La conduite des plantes et des couverts

La densité de plantation (inférieure à 2,5 plants/m²), le choix des variétés, le type de tuteurage, l'égourmandage vont influencer la structure végétale au sein du tunnel et donc le microclimat et le ressuyage des plants. Une conduite bien menée permettra de réduire efficacement le risque.

Les conditions du forçage devront être optimales pour éviter le développement de maladies (température et humidité). De plus, il faudra éviter d'arroser les couches par le haut et que le niveau d'eau d'arrosage dépasse le niveau du collet afin de ne pas mouiller le chicon.

Les préparations naturelles bioicides

L'huile essentielle d'orange (nom commercial: Limocide, Prev-AM, Sinaasappelolie 60 SL) est un fongicide autorisé en agriculture bio qui a un effet sur le mildiou. Cependant, en Belgique, il n'est pas encore homologué à ce jour contre le mildiou en tomates mais bien contre l'oïdium et les aleurodes. Son usage semblerait intéressant contre le mildiou. En outre, il n'y a pas de délai avant récolte. En revanche, pour les maladies bactériennes en racines de chicons, il n'aurait pas d'action.

Le bicarbonate de potassium aurait également une efficacité contre le mildiou. Actuellement, les formules commerciales homologuées pour lutter contre l'oïdium en tomates sous abris sont Karma, APC-O9CD et Vitisan. Le délai avant récolte est de 1 jour. La dose à respecter est de 1,2 kg/ha avec maximum 6 applications à intervalle de minimum 7 jours sur la culture.

Dans les substances de bases, on retrouve le **bicarbonate de sodium** dont l'efficacité n'a pas encore été démontrée mais il est couramment utilisé par les amateurs contre le mildiou en tomates. Le bicarbonate de sodium est autorisé comme produit à usage phytopharmaceutique, son délai avant récolte est de 1 jour. En tomates et racines de chicons, il est homologué pour lutter contre l'oïdium du stade deux feuilles étalées jusqu'à la fin de la culture. La dose à appliquer est de 2,02 à 5,05 kg/ha, avec un intervalle de 10 jours et un maximum de 8 traitements sur la culture.

Le **carbonate de calcium**, repris en tant qu'engrais, est généralement utilisé à la place du cuivre et est plus adapté que ce dernier. La procédure consiste à diluer 250 gr de chaux (CaCO₃) dans 1 litre d'eau et à pulvériser immédiatement après préparation sur les racines de chicons. Ce lait de chaux, augmentant le pH à la surface de la plante, agit sur les maladies bactériennes ainsi que sur *Sclerotinia*.

Les agents microbiologiques de biocontrôle

Un certain nombre de micro-organismes ont déjà été testés contre *P. infestans*. Mais, sur le terrain, ils se sont avérés peu adéquats pour lutter contre les infections de mildiou. Cependant, certains sols au Mexique semblent présenter une résistance contre la maladie, grâce à l'activité biologique de micro-organismes (*Pseudomonas sp.*, *Burkholderia sp.*, *Trichoderma sp.*).

Les spores de *Coniothyrium minitans* (Contans®WG) sont utilisés en traitement du sol et sur les racines de chicons pour lutter contre les sclérotés de *Sclerotinia*.

Les résistances variétales

Concernant la tomate, plusieurs gènes de résistance spécifiques ont été découverts (Ph-1, Ph-2, Ph-3, Ph-4, Ph-5.1, Ph-5.2). Ces gènes sont à l'origine des résistances actuelles de certaines variétés. Toutefois, cette résistance est relativement rapidement contournée par de nouvelles souches du pathogène. Les sélectionneurs recherchent de nouveaux gènes de résistance et développent des variétés présentant une combinaison de gènes de résistance afin d'éviter un contournement trop rapide. Lorsqu'on utilise des variétés résistantes, il faut éviter la proximité avec des variétés sensibles car la présence des deux va favoriser le développement de souches résistantes du champignon. En extérieur, il est vivement conseillé d'opter pour des variétés résistantes ou tolérantes au mildiou (voir l'article de Laurent Minet de l'itinéraire bio 32 : La résistance au mildiou de la tomate).

En chicons, on veillera à opter pour des variétés adaptées aux différents types de forçage. Pour le forçage en pleine terre, cela nécessitera des chicons plus résistants aux maladies.

Les stimulateurs des défenses naturelles des plantes (SDP) ou éliciteurs

Les éliciteurs semblent être une piste intéressante à creuser mais actuellement aucun produit de ce type n'est homologué contre le mildiou en tomates et contre les maladies bactériennes en chicons.

Conclusion

En tomates, il faudra privilégier une approche à différents niveaux pour empêcher le développement du mildiou et l'arrivée de souches de mildiou encore plus résistantes que celles auxquelles nous faisons face actuellement. Il faudra agir sur les choix variétaux, les méthodes prophylactiques et les traitements.

En chicons, le remplacement du traitement au cuivre par un traitement au carbonate de calcium semble tout à fait indiqué pour le forçage de racines de chicons saines.