

# Mildiou

## Vers une évolution des souches en Bretagne en 2025 ?



### Introduction et contexte

*Phytophthora infestans* est l'un des principaux agents pathogènes en agriculture. Les espèces les plus touchées sont les solanacées. Les pertes annuelles de récolte causées par ce pathogène sont très importantes. Bien que l'interaction entre *P. infestans* et la pomme de terre soit étudiée depuis longtemps, des études supplémentaires sont encore nécessaires pour améliorer la compréhension des mécanismes d'attaques.

Les outils les plus usités pour lutter contre le mildiou sont les fongicides, qui présentent certains inconvénients : prix élevé, utilisation proscrite en agriculture biologique, pression sociétale, disponibilité et temps de travail importants pour la réalisation des protections et la possibilité d'émergence de souches résistantes.

Par le passé, des tentatives de culture de variétés végétales résistantes à *P. infestans* ont été entreprises, mais elles ont échoué en raison de l'adaptation du pathogène infiniment plus rapide que celle de l'hôte. Avec l'évolution de la génétique et l'amélioration des connaissances sur les fonctions des gènes de l'hôte et du parasite, cette approche s'avère à nouveau prometteuse. Actuellement,

on recherche activement des gènes de résistance (gène R) que *P. infestans* ne peut pas contourner rapidement.

*P. infestans*, comme de nombreux autres organismes pathogènes, produit une variété de protéines effectrices qui peuvent modifier la physiologie de l'hôte, combattre sa réponse immunitaire et faciliter l'invasion. La reconnaissance de ces effecteurs sous-tend l'activité du gène R, tandis que *P. infestans* possède divers mécanismes moléculaires et génétiques qui lui permettent d'éviter la reconnaissance.

Étant donné la capacité d'évolution rapide de *P. infestans*, les mesures ponctuelles sont inefficaces et coûteuses, ce qui rend les mesures adaptatives cruciales : combinaison des gènes R, sélection de la dose et du moment d'utilisation du fongicide, surveillance des souches de *P. infestans*.

Dans le même temps, des technologies nouvelles basées sur l'ARN sont en cours de développement, ouvrant la possibilité à la fois de désactiver efficacement les gènes de l'hôte et de créer des fongicides respectueux de l'environnement.

### Lutte contre *Phytophthora infestans*

Les fongicides apparaissent comme un des outils les plus anciens utilisés contre le mildiou. Le premier d'entre eux utilisé au XIX<sup>e</sup> siècle est la « bouillie bordelaise » à base de cuivre. De nos jours, les fongicides restent la méthode la plus courante de lutte contre *P. infestans*.

Les fongicides présentent **plusieurs modes de comportements** vis-à-vis de la plante et peuvent être présentés ainsi :

- Les fongicides de surface ou de contact ;
- Les fongicides diffusants translaminaires ou pénétrants, ils ont une faible migration et pénètrent uniquement dans les limbes des feuilles ou en surface des tiges ;
- Les fongicides systémiques : peuvent se déplacer efficacement dans le système vasculaire de la plante hôte et protéger les

nouvelles parties de la plante qui poussent après le traitement. On peut distinguer deux types de systémie, la systémie ascendante, qui se propage dans la sève vers les nouveaux organes et la systémie descendante qui se propagera vers les racines.

C'est par ce type de classement que les fongicides sont actuellement organisés dans le guide de protection des cultures plants de pomme de terre de Bretagne Plants Innovation.

En plants de pomme de terre, l'utilisation des huiles paraffiniques dans le cadre de la lutte contre les transmissions de virus a tendance à modifier les efficacités des fongicides. Les essais réalisés par Bretagne Plants Innovation tiennent compte de cette particularité et les évaluations des fongicides sont systématiquement réalisées avec huile.

Il est ainsi possible d'indiquer une évolution du comportement selon le type de produit :

- les produits diffusants translaminaires voient, pour la grande majorité, leur efficacité s'accroître très nettement, l'huile agissant ainsi comme un adjuvant.
- les produits de contact ont une efficacité de même niveau avec et sans huile. Pour certains, on constate même une diminution de l'efficacité avec ajout d'huile.
- les produits systémiques, très peu présents sur le marché français: il n'a pas été fait de constat sur la modification des efficacités.

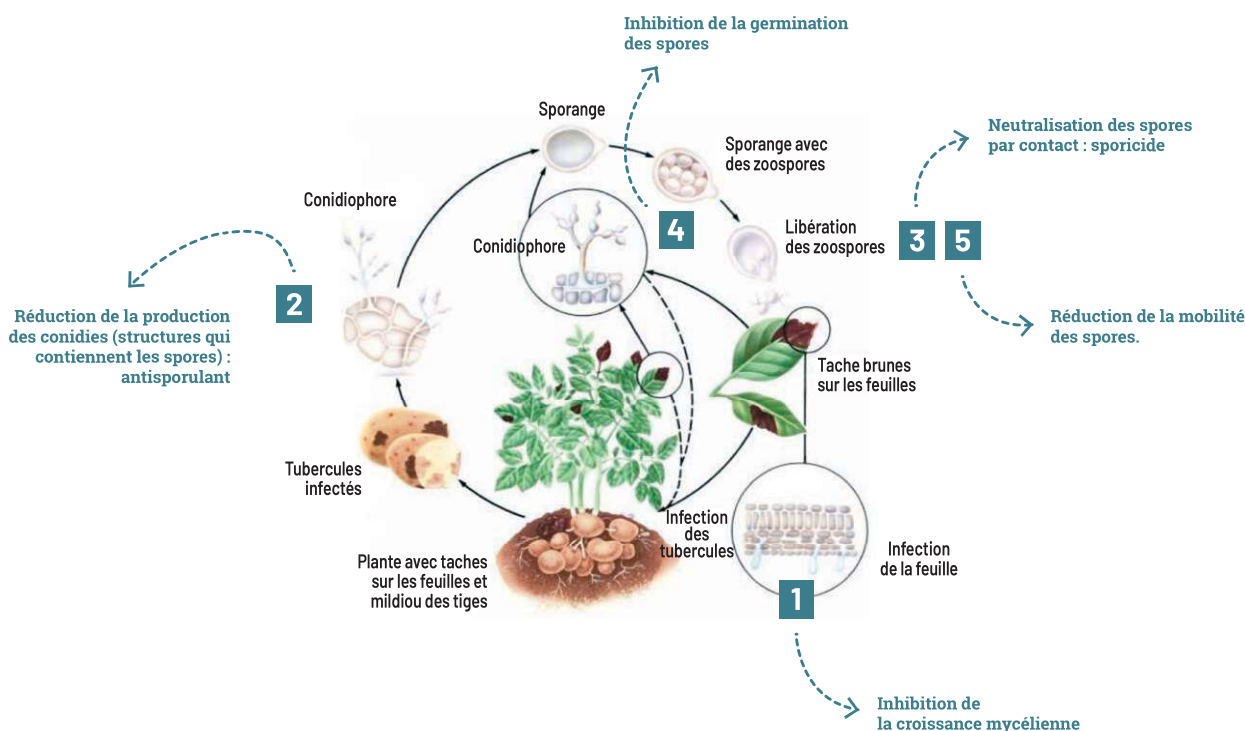
Autre différence suivant ces comportements: la résistance au lessivage des produits. Un produit de contact, même un contact élaboré, est lessivable par nature, alors qu'un diffusant ou un systémique est à « l'abri » dans le végétal très rapidement. Ce phénomène est quasiment instantané mais on a l'habitude de dire qu'il faut 30 minutes sans pluie après traitement pour une efficacité optimale.

On peut également distinguer les fongicides selon leur comportement vis-à-vis du pathogène (mildiou ici). Il existe deux types de comportement :

- les fongicides préventifs préviennent efficacement l'infection, mais n'aident pas si la plante est déjà infectée ;
- les fongicides curatifs agissent après infection de la plante par le champignon. Ils ont des effets curatifs limités en cas d'infection active.

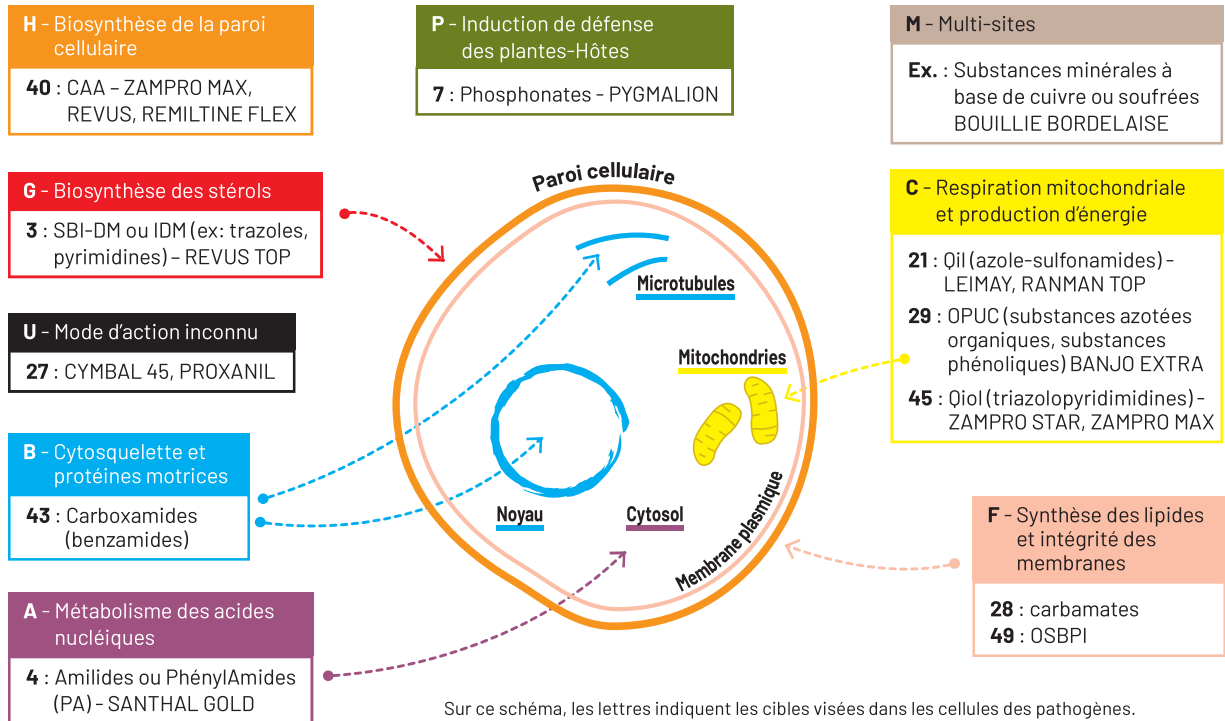
En pomme de terre, le moyen de lutte privilégié est la lutte préventive. En effet toutes les solutions fongicides présentes sur le marché ont une action préventive sur le champignon et quelques molécules ont des effets légers en curatif. Une seule a un effet significatif en curatif: le cymoxanil, base des programmes en mildiou déclaré.

### Le fongicide agit sur le mildiou à plusieurs moments de son cycle



(Source : Maladies et ravageurs de la pomme de terre, W. Radtke et W. Rieckmann, 1991.)

## Représentation simplifiée des différentes cibles visées au niveau de la cellule chez *P. infestans*



(source : guide ACTA 2023)

À l'échelle de la cellule, le fongicide peut agir sur différentes cibles. Cette classification est retenue par le FRAC (Fongicide Resistance Action Committee) pour classer les substances actives. Pour une cible donnée, un mode d'action a été décrit et un code FRAC a été attribué. Par exemple la mandipropamide (REVUS) appartient à la famille chimique des CAA (Carboxylic Acid Amid) possédant le numéro 40 et au groupe H ayant une action sur la biosynthèse de la paroi du pathogène.

La méthode de lutte la plus efficace et la plus répandue est la prévention complète de la maladie, qui consiste à appliquer une alternance des molécules à disposition impliquant un traitement régulier (en général hebdomadaire) permettant ainsi une alternance des modes d'action disponibles.



## Acquisition et dissémination de la résistance

Le suivi de la sensibilité des lignées régionales de *P. infestans* aux fongicides appliqués est un aspect important de la prévention des épidémies et du développement répété de résistances (Schepers et al., 2018). L'application d'un **seul fongicide** auquel les lignées locales sont très tolérantes est dangereuse pour plusieurs raisons. Le caractère peut se fixer fermement dans la population et la population peut ensuite se propager à d'autres zones, ou passer par une étape de propagation sexuée contribuant à la fixation du caractère (Zhu et al., 2016). De plus, il convient d'envisager la possibilité d'une propagation si une telle résistance est détectée tardivement, comme cela s'est produit aux États-Unis en 1990 (Goodwin et al., 1998).

Selon Euroblight, en 2023, la pression du mildiou a été supérieure à la moyenne dans de nombreuses régions d'Europe et les problèmes de résistance aux fongicides ont augmenté l'intensité d'échantillonnage au plus haut niveau jamais enregistré. Des foyers de maladie provenant de 28 pays ont été échantillonnés par 30 équipes en 2023, ce qui a donné lieu à 2830 échantillons génotypés.

La fréquence du génotype EU\_43\_A1 (EU43) est passée de 17 % en 2022 à 23 % de la population en 2023. Il a étendu son aire de répartition à 10 pays européens. Un nouveau clone appelé EU46, apparenté à EU43, est apparu aux Pays-Bas et dans le nord de l'Allemagne en 2023 et représentait 3,5 % de la population. Les rapports de résistance au groupe de fongicides CAA dans la lignée EU43 dans de nombreuses régions ont rendu la lutte contre la maladie difficile dans les zones touchées en 2023. Une résistance au groupe de fongicides OSBPI (oxathiapiproline) a également été signalée, principalement dans les génotypes EU43 et EU46, ce qui a ajouté aux pressions sur la gestion de la maladie. En 2024,

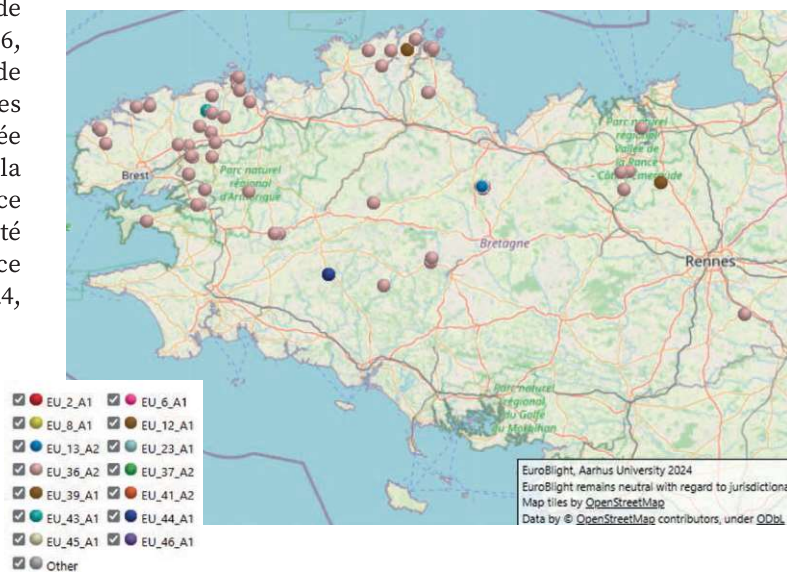
les premiers résultats montrent la présence de deux échantillons de la souche EU43A1.

EU37 s'est avéré moins sensible au fluazinam. L'utilisation réduite du fluazinam a continué de faire baisser la fréquence d'EU37 en Europe à 1,8 % de la population échantillonnée.

EU36 est présent dans 37 % des échantillons de 2023. C'est le génotype le plus fréquemment échantillonné, ce qui suggère qu'il reste plus apte que les autres clones. Cette souche est la plus présente en Bretagne (EU36A2) en 2023 et 2024.

Aujourd'hui, les progrès rapides de la technologie d'identification, de la météorologie et de la biologie moléculaire permettent d'atteindre un meilleur niveau d'observation de *P. infestans*. Les marqueurs génétiques moléculaires sont utilisés depuis longtemps pour déterminer avec précision les lignées clonales de *P. infestans* (Lees et al., 2006).

Carte des génotypes en 2023



## Varier des modes d'action pour limiter l'émergence de résistance

Le développement de la résistance dans une population est défini comme une augmentation de la proportion de **formes résistantes** par rapport aux **formes sensibles** (Van Den Bosch et al., 2015). Une résistance aux deux molécules à la fois est très peu probable (Ojiambo et al., 2010). La mise en œuvre d'une alternance de l'utilisation des fongicides ayant des cibles ou des types d'action différents est primordiale afin de maintenir l'efficacité des fongicides dans la lutte contre le mildiou.

La lutte contre le mildiou de la pomme de terre nécessite une approche globale et multifactorielle. En combinant des pratiques culturales adaptées, une surveillance régulière et des traitements fongicides raisonnés, il est possible de limiter le développement des souches résistantes et d'assurer une production durable.