

La rhizomanie est l'une des maladies les plus graves de la betterave en termes d'impact économique. Elle peut en effet causer des pertes de rendement racine de 10 à 15 % dans les cas modérés, jusqu'à plus de 30 % dans les cas les plus sévères. Elle provoque également une baisse de la teneur en sucre de 1 à 4 % et une perte de qualité technologique lors de la transformation industrielle. L'utilisation de variétés tolérantes à la rhizomanie représente actuellement l'unique solution de lutte contre ce virus. Cependant, la multiplication des cas de contournement de résistance dans les régions Centre-Val de Loire et au sud de l'Île-de-France impose à l'ensemble des acteurs de la filière betteravière de mettre en œuvre une stratégie de gestion durable des résistances.

Mémento

Cette maladie a été décrite pour la première fois dans la vallée du Pô au Nord de l'Italie et touche désormais toutes les régions betteravières du monde. En France, elle a été identifiée pour la première fois en 1971 en Alsace puis s'est étendue en 1977 au sud de Paris (Loiret), et progressivement aux autres régions pour concerner aujourd'hui la totalité des régions betteravières. La commercialisation des premières variétés tolérantes à la rhizomanie en 1985 relance la production de betteraves sucrières au sud de Paris. De 1995 à 2000, l'utilisation de variétés tolérantes progresse rapidement.



En 2000, la présence du pathotype P au sud de Paris est mise en évidence. C'est à cette époque que l'ITB met en place des essais variétés spécifiques "forte rhizomanie"



Biologie et épidémiologie de la rhizomanie

La rhizomanie est une maladie virale causée par le virus des nervures jaunes et nécrotiques de la betterave (*Beet necrotic yellow vein virus*, ou BNYVV). Elle est transmise par un protozoaire du sol, *Polymyxa betae*, parasite obligatoire de la racine. Le terme de rhizomanie, qui signifie littéralement "démence racinaire", tire son nom de la prolifération anarchique du chevelu racinaire souvent observée sur les betteraves contaminées.

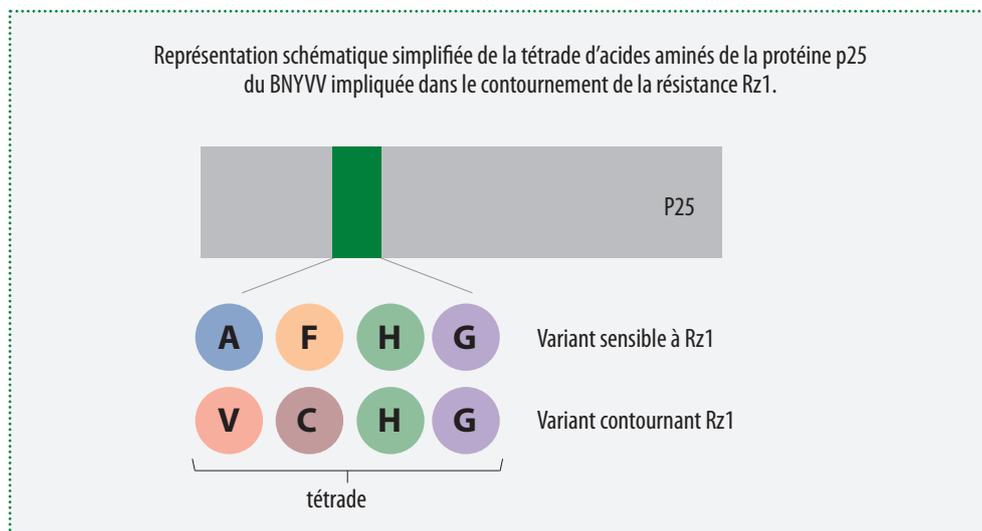
Diversité génétique du BNYVV et spécificités du pathotype P

Le BNYVV appartient au genre des *Benyvirus* et à la famille des *Benyviridae*. Son génome est constitué de 4 à 5 molécules d'ARN qui participent à différentes fonctions : les ARN 1 et 2 sont requis pour la répllication, l'encapsidation, le mouvement du virus ou encore l'inactivation des défenses des plantes. L'ARN 4 est impliqué dans la transmission du virus par le vecteur *P. Betae*. Enfin, les ARN 3 et 5 sont nécessaires pour la pathogénicité du virus.

Sa diversité génétique est relativement importante, les souches virales ayant été classées en quatre groupes selon leurs séquences protéiques (A-I, A-II, A-III et B). En particulier, le groupe A-II comprend le sous-groupe P, faisant référence au pathotype P qui avait été découvert dans les années 1970, dans la région de Pithiviers. Ce pathotype possède une molécule d'ARN supplémentaire, l'ARN5, qui serait responsable de l'apparition de symptômes systémiques et d'une surmortalité des plantes infectées.

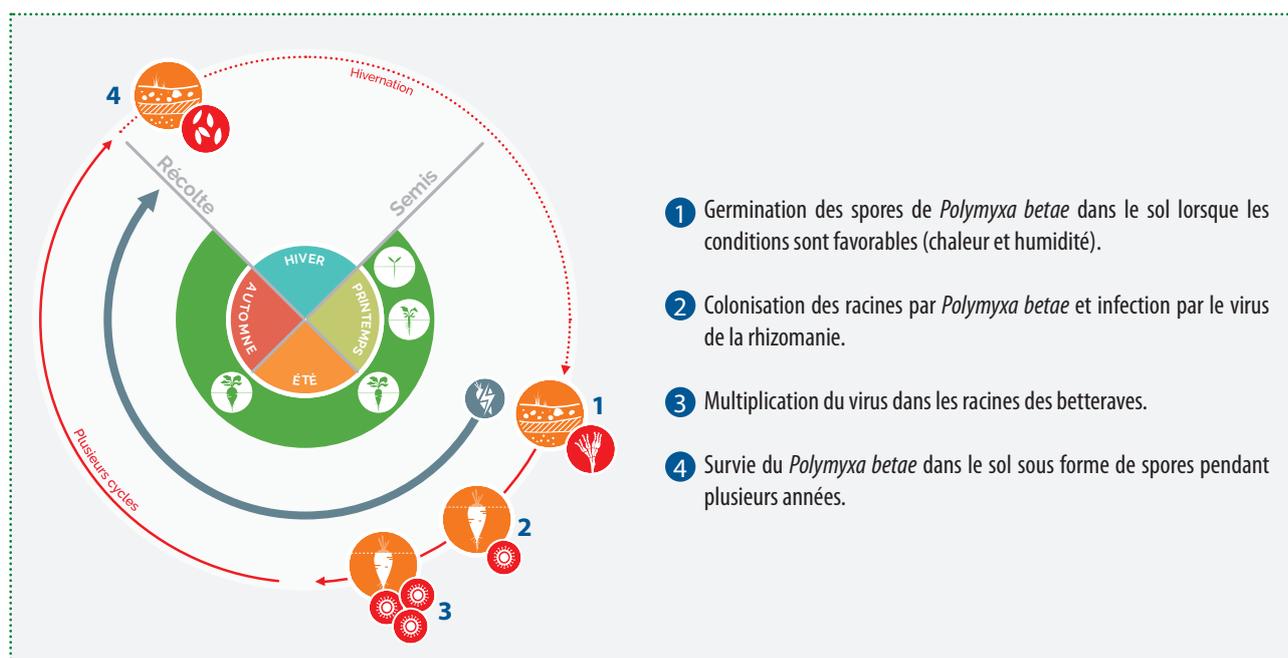
Les protéines virales impliquées dans les contournements de résistance

Au niveau moléculaire, une tétrade d'acides aminés en position 67-70 sur la protéine p25 (encodée par l'ARN 3 du virus) est impliquée dans le contournement de la résistance Rz1. Dans le cas du pathotype P, dont la virulence accrue serait due à sa capacité de déplacement rapide au sein de la plante, la protéine p26 (encodée par l'ARN5) agirait en synergie avec p25 pour contourner Rz1 (3).



Cycle infectieux de *Polymyxa betae*

Polymyxa betae est un parasite obligatoire des racines de betterave, dont il a besoin pour réaliser son cycle de vie. Sa gamme d'hôtes est restreinte aux chénopodiacées et aux amaranthacées. Il est capable de survivre pendant de nombreuses années dans le sol sous forme de spores. Lorsque les conditions sont favorables, les spores germent en zoospores primaires qui, attirées par les sécrétions des racinelles, vont s'y attacher et y déverser leur contenu cellulaire, contaminant ainsi la plante avec le(s) virus qu'elles portent. *P. betae* est également vecteur du *beet soil-borne virus* (BSBV) et du *beet virus Q*, souvent associés au BNYVV.



Les betteraves malades présentent une réduction importante de la taille de la racine (nanisme) avec un étranglement du pivot en forme de verre à pied, très typique de la rhizomanie. La formation d'un chevelu de radicelles brunes et blanches ("barbe poivre et sel") et le brunissement des faisceaux vasculaires sont des symptômes assez fréquents bien que non systématiques. Dans les cas les plus sévères, le pivot se nécrose totalement et le développement de la racine est stoppé.



Étranglement et lignification du pivot (coupe longitudinale) d'une betterave modérément infectée par le virus. Essai durabilité, 2018.



Nécrose du pivot et développement d'un chevelu racinaire sur une betterave sévèrement infectée par le virus. Montargis, 2018.

Les parcelles infestées par la rhizomanie se repèrent très facilement en culture irriguée par des foyers vert clair où la végétation est dépressive. En effet, les dégâts causés à la racine provoquent un déficit hydrique des parties aériennes de la plante, ce qui induit un retard de croissance et un flétrissement des feuilles aux heures chaudes de la journée. Dans de rares cas, des symptômes systémiques apparaissent : une décoloration du feuillage nettement plus marquée le long des nervures des limbes, qui a donné son nom au virus.



Retard de croissance du feuillage sur des variétés Rz1 (à gauche) en comparaison avec une variété Rz1 Rz2 (à droite) en zone FPR. Essai CTPS, Estouy, 2018.



Flétrissement du feuillage en été sur une variété sensible à la rhizomanie

Ne pas confondre !



- Le flétrissement des feuilles est dû à un déficit hydrique qui peut avoir de nombreuses causes biotiques ou abiotiques et n'est pas nécessairement lié à la rhizomanie.
- Le jaunissement du feuillage peut être confondu avec une carence en azote voire avec des symptômes de la jaunisse virale.
- La prolifération du chevelu racinaire résultant d'une attaque de nématodes à kystes est similaire à celle observée en cas de rhizomanie, mais la présence ou l'absence de kystes blancs permet de les distinguer (4).

Identifier les milieux et les pratiques à risque

Milieux à risque

- Les sols superficiels, argileux et à fort taux de matières organiques, puis les sols à pH basique et présentant un taux de calcaire total élevé sont les sols les plus sensibles à la rhizomanie.

Pratiques à risque

- Une longueur de rotation inférieure à 4 ans.
- L'irrigation, l'épandage et un mauvais désherbage car ils favorisent la présence d'adventices hôtes (chénopode, amarante, mouron, stellaire, pavot).
- Les semis tardifs car ils accentuent l'attaque.

Surveiller l'apparition et le développement de la rhizomanie

Le Bulletin de Santé du Végétal permet d'appréhender le risque rhizomanie. Un peu plus de 200 parcelles du réseau de surveillance biologique sont suivies du semis à la récolte dans toutes les zones betteravières. Les animateurs de chaque filière réalisent ensuite l'analyse de risque à partir des observations remontées de ces suivis et la mettent en ligne dans les bulletins.

Cette analyse de risque est complétée par des conseils de gestion dans les notes d'informations régionales qui sont communiquées aux planteurs de manière hebdomadaire sur le site internet de l'ITB (<http://www.itbfr.org/notes-dinformatons/>) et par mail pour les abonnés



Prévenir la dissémination du virus

À ce jour, aucune lutte chimique n'est possible contre le parasite du sol *Polymyxa betae* et *a fortiori* contre le virus lui-même. En effet, les mesures de désinfection du sol ne sont plus autorisées depuis de nombreuses années pour des raisons environnementales. Ce vecteur présente en outre une haute capacité de survie et permet la dissémination du virus soit *via* le sol adhérent aux engins et produits agricoles, soit *via* les eaux de drainage et d'irrigation (1). C'est pourquoi il est crucial de mettre en place des mesures permettant de contenir sa multiplication ainsi que celle du virus.

Adopter des mesures prophylactiques

- Nettoyer les matériels de récolte et de travail du sol.
- Éviter le transport de terres contaminées.
- Utiliser du matériel génétique sain.
- Si possible, utiliser des outils moléculaires pour un diagnostic rapide qui permettra d'éradiquer les plantes infectées : la RT-PCR multiplex permet de révéler en un seul test la présence de *P. betae* et du BNYVV à partir d'un extrait d'ARN de racines (1).

Adapter ses pratiques agronomiques

- Réaliser un semis précoce.
- Allonger les rotations à plus de 4 ans entre deux betteraves, dans l'objectif de diminuer si possible le potentiel infectieux du sol, même si le complexe *P. betae*/BNYVV est capable de survivre de nombreuses années dans le sol (4).
- Limiter l'irrigation à 70 % des besoins de la plante.
- Améliorer le drainage et la structure des sols.
- Bien gérer les mauvaises herbes ou les autres cultures (chénopodiacées et amaranthacées) contribuant à la multiplication du virus ou du vecteur.

Il est nécessaire d'éviter les cultures les plus sensibles à la rhizomanie en rotation avec la betterave afin de diminuer la concentration d'inoculum dans le sol.



Choisir des variétés double-tolérantes en zones FPR

L'utilisation de variétés tolérantes à la rhizomanie représente toujours l'unique solution de lutte contre ce virus. Ceci est le cas depuis 1985, lorsque la première variété tolérante, dénommée Rizor, fut commercialisée. En France, depuis, 2008, 100 % des variétés cultivées sont tolérantes à la rhizomanie.

Les gènes de résistance de la betterave

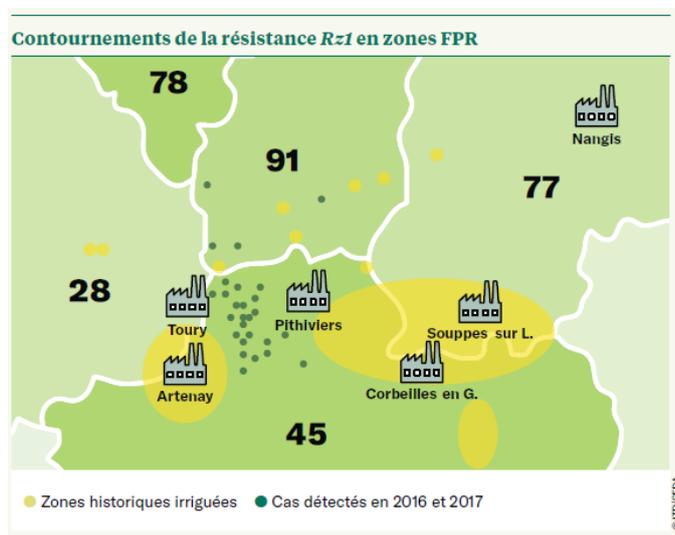
La résistance des variétés de betterave au BNYVV est basée sur l'inhibition de la réplication du virus et de son déplacement au sein de la racine. Les 2 principaux gènes de résistance sont issus d'accessions sauvages de betterave, *Beta vulgaris ssp. maritima* collectées en Italie dans le cas de Rz1 (plus connues sous les noms de Rizor et Holly) ou au Danemark dans le cas de Rz2. Ces gènes majeurs présentent souvent une dominance incomplète et nécessiteraient l'action complémentaire de gènes mineurs. Les variétés possédant simultanément les 2 gènes de résistance Rz1 et Rz2 présentent une meilleure résistance au BNYVV, notamment au pathotype P.

Tableau. Sources de résistance à la rhizomanie identifiées dans différentes accessions de betterave. D'après De Biaggi et al., 2010.

Source de résistance	Nom de l'accession	Origine de l'accession
Type Alba	Alba	
Rz1	Rizor	<i>Beta vulgaris ssp. maritima</i> (Italie)
	Holly	
Rz2	WB42	<i>Beta vulgaris ssp. maritima</i> (Danemark)
Rz3	WB41	
Rz4	R36	

La résistance Rz1 insuffisante en zones à forte pression rhizomanie (FPR)...

Il existe 2 niveaux de résistance variétale à la rhizomanie procurés par 2 gènes majeurs : Rz1 et Rz2. Dans la plupart des situations, la simple résistance Rz1 est suffisante. Mais dans les régions Centre-Val de Loire et au sud de l'Île-de-France, des contournements de résistance sont apparus dès 2006 et les zones touchées ne cessent de s'étendre. La pression de sélection sur le virus dans ces régions est en effet très forte, car il s'agit de zones irriguées, où les variétés mono-résistantes ont commencé à être implantées il y a plus de 30 ans et où les rotations étaient traditionnellement courtes. À cela s'ajoute la présence d'une souche virale particulièrement agressive, le pathotype P, qui contourne plus facilement la résistance Rz1 et provoque des symptômes exacerbés.



... Impose d'implanter des variétés doubles-résistantes

Dans ces zones à forte pression rhizomanie (FPR), l'utilisation de variétés possédant deux sources de résistance (Rz1 et Rz2) permet pour l'instant de maintenir des rendements élevés. En 2018, on estime entre 18 et 19 000 ha les surfaces FPR implantées avec des variétés double tolérantes, soit 2 fois plus qu'en 2011. La complexité de mise en œuvre de moyens de lutte agronomiques ou prophylactiques contribue en effet à la dispersion des variants résistants du virus sur le territoire et expose les zones betteravières à de futurs risques de contournements de résistances.



1. K. Hleibieh et al., Étiologie De La Rhizomanie De La Betterave Sucrière. Virologie. 11, 409–421 (2007).
2. G. R. D. McGrann, M. K. Grimmer, E. S. Mutasa-Göttgens, M. Stevens, Progress towards the understanding and control of sugar beet rhizomania disease. Mol. Plant Pathol. 10, 129–141 (2009).
3. E. Biancardi, T. Tamada, Rhizomania (Springer Nature, 2016).
4. Rhizomanie. Doss. Tech. SESVanderHave, 24 (2013).

Utiliser des outils de détermination

Différents outils de détermination sont disponibles sur le site www.itbfr.org :

- **"BetaGIA"** est le guide de gestion intégrée des bioagresseurs de la betterave. Il donne des informations pratiques et synthétiques sur le bioagresseur, son impact sur la culture et sur les moyens de lutte disponibles.
- **"DIAGBET maladies et ravageurs"** est une application qui permet d'identifier les bioagresseurs de la betterave à différents stades de la culture.

