

**BILAN**

## Le désherbage des betteraves

L'ITB dresse chaque année un bilan de la qualité du désherbage. Cette année, les mois d'avril et mai ont été très chauds, favorisant la croissance des betteraves et des adventices. Toutefois, les conditions climatiques du printemps ont été globalement favorables au désherbage avec de bonnes efficacités.



**CHIFFRE CLÉ**

**6 000 Parcelles**

ont été notées en 2018 sur la qualité du désherbage par les équipes régionales de l'ITB.

← Essai de désherbage ITB du Nord Pas-de-Calais.

**Propreté des parcelles de betteraves en fin de désherbage**

Chaque année, les délégations régionales de l'ITB expertisent l'état de propreté des parcelles de betteraves en fin d'été. Cet état des lieux renseigne de façon précise sur la qualité du désherbage du printemps 2018. Cette année, plus de 6 000 parcelles ont été notées. 85 % des parcelles ont été signalées propres (désherbage satisfaisant et très satisfaisant) contre 15 % de parcelles sales (désherbage moyen et insuffisant) en moyenne nationale (voir figure 2). Ce bilan est dans la moyenne des 5 dernières années. Contrairement aux autres

années, l'ITB n'observe pas de grandes disparités régionales dans la qualité du désherbage 2018.

**Quelles adventices sont mal maîtrisées ?**

Le chénopode reste l'adventice la plus présente dans les parcelles sales (presque une parcelle sur deux en 2018) (voir figure 1). Les chardons et les laiterons occupent la deuxième position avec 20 % des cas, ce qui est préoccupant car la gestion du chardon se programme sur le long terme : un seul chardon peut coloniser jusqu'à 250 m<sup>2</sup> en trois ans.

La problématique du chardon est de plus en plus présente. Il doit être contrôlé dans la rotation afin

d'éviter des traitements plus coûteux en betterave. En troisième position, se trouvent les graminées qui constituent une nouvelle problématique notamment à cause des résistances aux traitements foliaires. Il s'agit ici comme pour les chardons d'un problème à gérer dans la rotation. Le choix des produits, de l'adjuvant, de la dose et du stade d'application sont autant d'éléments importants pour maîtriser les graminées présentes dans les betteraves. L'arroche étalée ou atriplex et les renouées des oiseaux ne figurent pas dans les résultats de l'enquête mais constituent des adventices bien présentes et difficiles à contrôler.

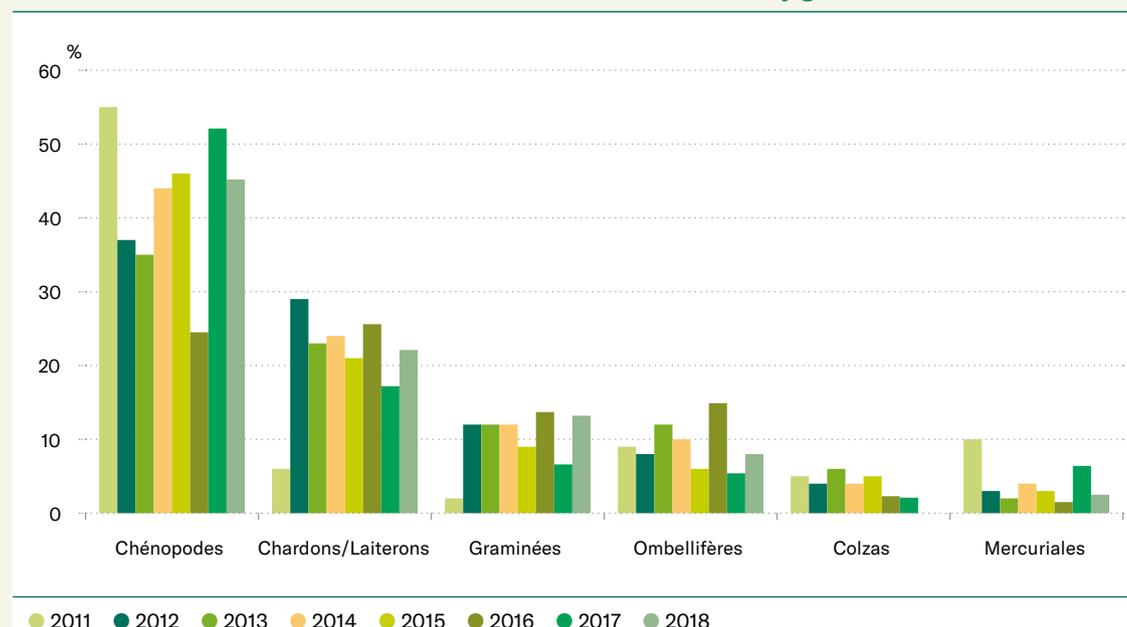
**Les raisons des échecs de désherbage**

Une mauvaise pulvérisation, un programme herbicide non adapté à la flore, des délais entre traitements trop longs, un arrêt trop précoce des traitements ou des utilisations de bineuse encore insuffisantes sont les principales causes d'échecs. L'adaptation du programme de désherbage demeure la base d'une bonne réussite, qu'il s'agisse de produits, de doses, ou de périodes d'application. Pour répondre à ces objectifs, il est primordial d'avoir une bonne connaissance de ses parcelles.

**Les conseils de l'ITB pour 2019**

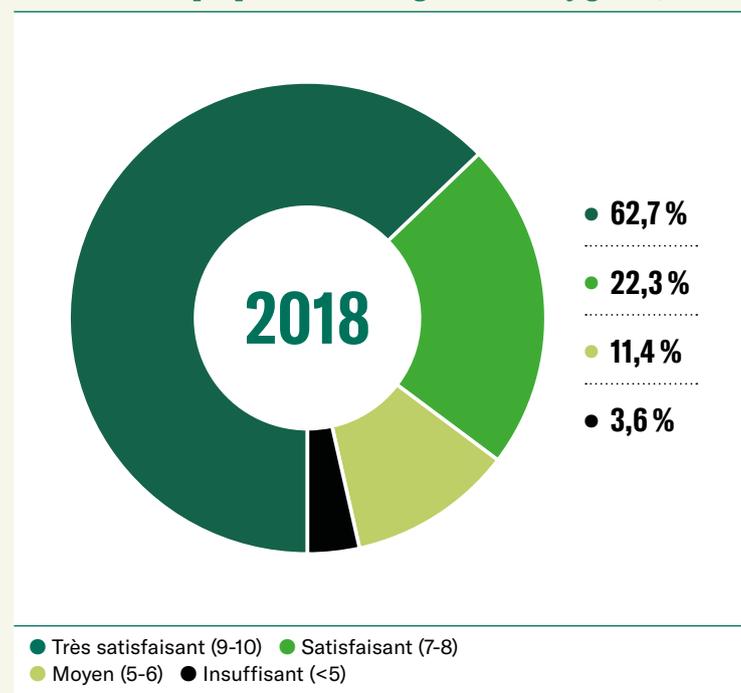
Il est nécessaire de limiter le développement des adventices à un moment où la culture est peu concurrentielle et d'éviter une augmentation du stock semencier. Le désherbage a également pour objectif de réduire les risques de perturbations de travaux de récolte. Les traitements de pré-émergence ne sont pas nécessaires pour les adventices dicotylédones, dans une grande majorité des cas. Ils doivent être réservés aux parcelles fortement infestées d'ombellifères pour

**Évolutions des différentes adventices non maîtrisées en fin d'été (figure 1)**



Evolution et répartition de la flore adventice non contrôlée en culture de betteraves en fin de désherbage (2011 à 2018).

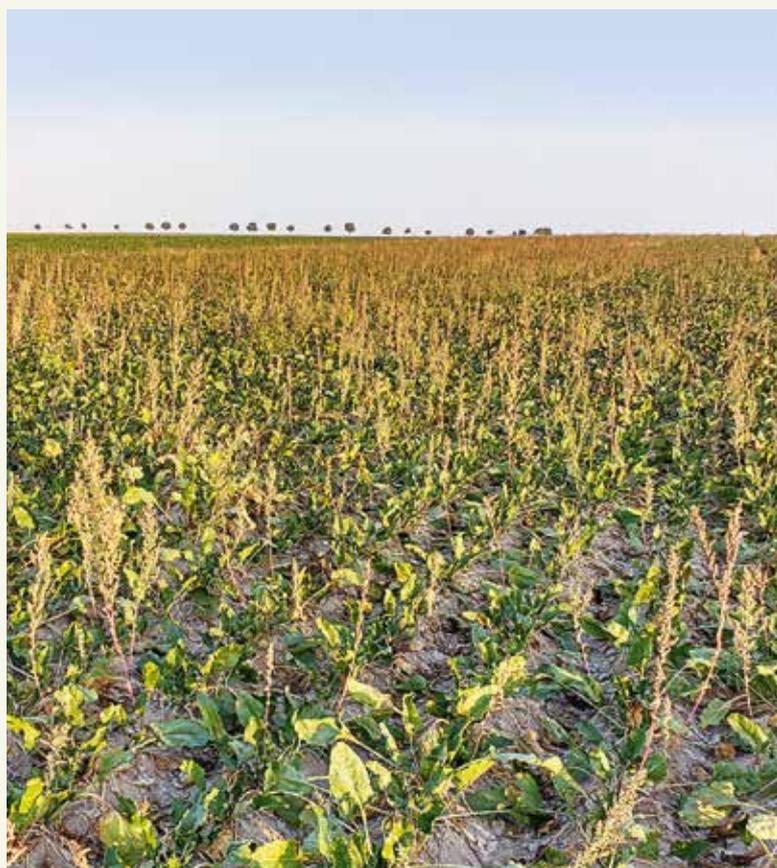
**Bilan national propreté désherbage betterave (figure 2)**



➔ lesquelles le contrôle en post-émergence nécessite une attention particulière. L'intervention est à réaliser avant la levée des adventices et juste après le semis (48 heures maximum). En cas de conditions favorables à la levée des betteraves, une application plus tardive peut fortement perturber cette levée. Dans les autres situations, les applications de post-émergence permettent la gestion des adventices.

Quelques règles pour réussir les traitements de post-émergence :

- **Réaliser le 1<sup>er</sup> traitement de post-émergence** 2 à 3 semaines après le semis pour gérer la première levée d'adventices. Intervenir sur des jeunes adventices au stade point vert à cotylédons étalés. L'augmentation des doses doit se faire uniquement sur des adventices plus développées.
- **Renouveler le premier traitement** après 6-10 jours. Les applications suivantes doivent être réalisées en fonction du climat et surtout des levées d'adventices.
- **Réaliser les traitements dans de bonnes conditions d'hygrométrie** (minimum 70 %) et avec un vent inférieur à 19 km/h (3 sur l'échelle de Beaufort).
- **En période de faible hygrométrie** et de sol sec persistant plus d'une semaine, privilégier les herbicides à action de contact et maintenir les herbicides racinaires dans le programme de désherbage.
- **Poursuivre les applications jusqu'à 70 % de couverture du sol** par les betteraves. La principale explication d'un désherbage incomplet est souvent un arrêt trop précoce des traitements de post-émergence.
- **A chaque passage, adapter au mieux le choix des produits** par rapport à la flore présente dans la parcelle, la plus difficile à maîtriser.
- **Ajouter 0,5 l/ha à 1 l/ha** d'huile au mélange herbicide.
- **Un volume d'eau compris entre 80 et 150 l/ha** assure une bonne qualité du désherbage. Les traitements à des volumes réduits, inférieurs à 80 l/ha sont possibles, mais ils demandent une grande technicité en termes de conditions d'application.
- **Utiliser des buses à fente classiques ou des buses à pastille de calibrage**, elles assurent la meilleure répartition de la bouillie et un nombre d'impacts minimum pour les produits de contact. Réserver l'usage de buses à injection d'air aux situations où l'on souhaite réduire la Zone Non Traitée (ZNT) tout en appliquant un volume d'eau au moins égal à 150 l/ha.
- **Concernant les graminées** : en cas de résistance avérée ou de pression montante de vulpins ou raygras et afin de recourir à différents modes d'action



### « En cas de résistance avérée ou de pression montante de vulpins ou de raygras il est nécessaire de recourir à différents modes d'action »

pour s'assurer d'une efficacité satisfaisante, il est nécessaire d'utiliser l'un des deux produits suivants : Avadex480 3 l/ha (avant semis et à incorporer) ou Mercantor Gold 0,6 l/ha (en post-semis, pré-levée). Ces 2 produits doivent être relayés par un graminicide de post-levée qui sera utilisé seul avec une dose d'huile de 1 à 2 l/ha afin d'obtenir une meilleure efficacité. *Tous ces éléments sont disponibles dans le guide de culture de l'ITB, téléchargeable sur le site internet de l'ITB : [www.itbfr.org](http://www.itbfr.org)*

Dans le cadre du GIS GC HP2E (Groupement d'intérêt Scientifique Grande Culture à Hautes Performances Economiques et Environnementales), l'ITB en partenariat avec Arvalis, Acta, Fnams, Inra, Terres Inovia et l'AFPP (Columa) a réalisé une vidéo qui explique comment prévenir la résistance des adventices aux herbicides. L'objectif de cette vidéo est de partager les bonnes pratiques pour limiter le développement des résistances et ainsi répondre aux agriculteurs qui se retrouvent aujourd'hui en situation d'impasse. Les recommandations de cette vidéo, financée par le GIS GC HP2E, sont à utiliser par tout agriculteur, avant même de se retrouver dans une situation d'adventices résistantes (voir la vidéo : [itbfr.org](http://itbfr.org), rubrique Publications). Retrouvez plus de détails dans la note commune inter instituts 2018 pour la gestion des résistances des adventices aux herbicides sur le site internet de l'ITB d'ici la fin de l'année.

↑ Illustration d'un échec de désherbage : parcelle de betteraves avec présence de chénopodes en septembre 2018 en Champagne.

↓ Démonstration de matériels de binage lors de Dés herb'Avenir IV.

## Désherbage mécanique

### Il est possible de réduire les quantités d'herbicides sur betteraves grâce à différentes stratégies de désherbage.

Les conditions climatiques du dernier printemps ont été globalement favorables au désherbage mécanique. En 2018, le désherbage mécanique a pu être utilisé sur le rang dès que les betteraves ont atteint le stade «4 feuilles vraies». L'efficacité de ces matériels (bineuse équipée de moulins, houe rotative, herse étrille avec réglages des dents par ressort ou roto-étrille) est excellente sur des adventices jeunes au stade «fil blanc» à «cotylédons étalés». L'intégration de moulins peut remplacer plusieurs traitements chimiques et donne de très bons résultats. Les houes rotatives, herse étrilles avec réglages des dents par ressort ou les roto-étrilles moins spécifiques à la betterave peuvent également être utilisées sur d'autres cultures. La localisation des herbicides permet également d'obtenir de bons résultats en termes de propreté et de réduction d'IFT (Indice de Fréquence des Traitements). De bonnes conditions météorologiques notamment un sol sec avant et après l'intervention sont essentielles pour un bon travail. Enfin, la bineuse traditionnelle peut être utile en fin de désherbage à la place du dernier traitement afin d'éliminer les adventices restantes dans l'inter-rang.



## AGENDA DÉSHerb'AVENIR VI

La prochaine édition de Dés herb'Avenir se tiendra les 15 et 16 mai 2019 à Berny en Santerre dans la Somme. Cet événement de plein champ, organisé par l'ITB, vise à promouvoir la technique du désherbage mécanique comme alternative au tout chimique. La dernière édition de cet événement bisannuel avait rassemblé plus de 900 acteurs du désherbage mécanique (agriculteurs et constructeurs) et de la robotique. Dés herb'Avenir VI en 2019 sera l'occasion de voir en démonstration la diversité des matériels existants.

### CE QU'IL FAUT RETENIR

- L'adaptation du programme de désherbage demeure la base d'une bonne réussite, qu'il s'agisse de produits, de doses ou de périodes d'application.
- L'utilisation d'un matériel de désherbage mécanique permet de compléter l'efficacité du désherbage chimique.

1

Nécrose du pivot et arrêt de croissance de la racine d'une betterave sévèrement infectée par le virus. Montargis, 2018.

2

Retard de croissance du feuillage sur des variétés Rz1 (sur les côtés) en comparaison avec une variété Rz1 Rz2 (au milieu). Essai CTPS, Estouy, 2018.

## UN POINT SUR

# La durabilité des résistances génétiques à la rhizomanie

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.

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 (photo 2). 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.

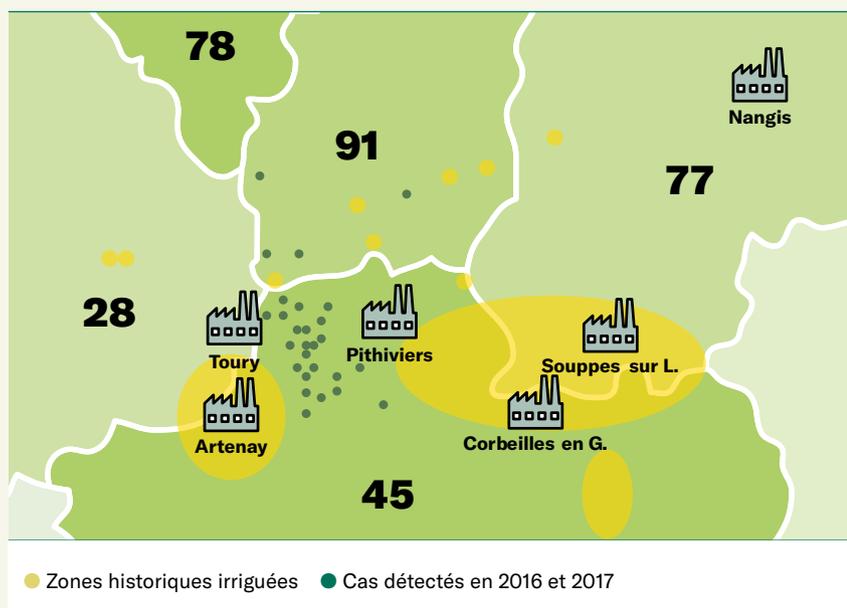
### La résistance Rz1 insuffisante en zones à forte pression rhizomanie (FPR)...

L'utilisation de variétés tolérantes à la rhizomanie représente toujours l'unique solution de lutte contre ce virus, et ce depuis 1985, avec Rizor, première variété tolérante commercialisée. En France, depuis 2008, 100 % des variétés cultivées sont tolérantes à la rhizomanie. 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 (voir carte). 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. De plus, la présence d'une souche virale particulièrement agressive, le pathotype P, a été diagnostiquée. Celle-ci contourne plus facilement la résistance Rz1 et provoque des symptômes exacerbés (voir encadré ci-contre).

### ... impose d'implanter des variétés double-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. Quelques cas de parcelles présentant des symptômes de rhizomanie sur une variété Rz1 Rz2 ont été observés cette année. Des analyses approfondies sont en cours avec le sélectionneur afin d'en déterminer la cause.

### Contournements de la résistance Rz1 en zones FPR



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 (voir encadré ci-contre). 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.

### Des symptômes très caractéristiques

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 (photo 1).

### CHIFFRE CLÉ

**100 %**

des variétés cultivées sont tolérantes à la rhizomanie.

↑

Contournements de résistance observés en région Centre-Val de Loire et au sud de l'Île-de-France, dans les zones historiques irriguées (en jaune), ainsi qu'une dispersion pour les cas plus récents notés en 2016 et 2017 (en vert). Variétés possédant un seul gène de résistance à la rhizomanie.



## LE VIRUS ET SON VECTEUR

### Diversité du BNYVV et spécificités du pathotype P

Le BNYVV appartient au genre des *Benyvirus*. 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. Il agirait également en synergie avec l'ARN3 pour mieux contourner la résistance Rz1.

### 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 radicelles, 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.

FOCUS

# L'observatoire de la durabilité des résistances en zones FPR

L'ITB a mis en place à partir de 2009 un observatoire régional dans le Loiret et en Ile-de-France afin de suivre l'évolution du comportement de différents génotypes résistants et d'anticiper les contournements de résistance dans ces zones à forte pression rhizomanie (FPR).

Sur chaque parcelle suivie, 3 variétés de 3 génotypes différents sont semées – 2 variétés comprenant un seul gène de résistance (Rz1) et 1 variété comprenant 2 gènes de résistance (Rz1 Rz2). Au total, 28 parcelles représentatives de différents niveaux d'infestation (saines, peu infectées ou fortement infectées), seront suivies au minimum sur 3 rotations, l'intervalle entre 2 betteraves étant laissé au libre choix de l'agriculteur.

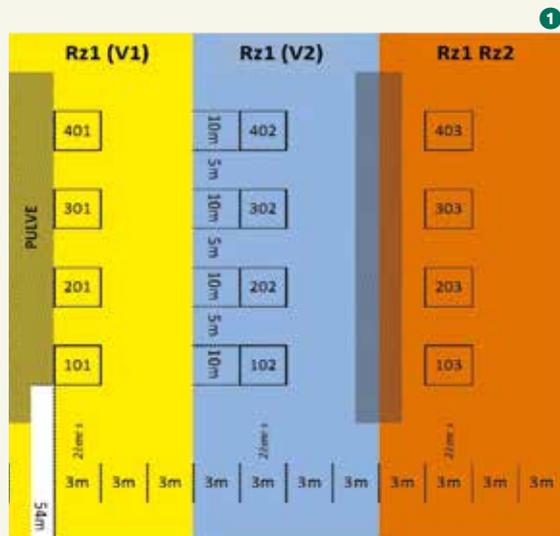
### 3 classes de gravité pour évaluer la résistance

Pour chaque génotype, 100 betteraves sont prélevées en septembre avant la récolte (25 betteraves x 4 répétitions) et notées en 3 classes de gravité en fonction des symptômes observés. Si la racine est

normale, la plante est notée saine ; si la racine présente un étrangement marqué du pivot, elle est notée malade ; et si elle présente une nécrose du pivot, elle est notée très malade. Des seuils sont ensuite établis afin de pouvoir noter le niveau d'infestation global des parcelles.

### La double résistance tient après une rotation

Les premiers résultats ont été obtenus en 2017 sur 16 parcelles après une rotation d'une durée moyenne de 4 ans (voir graphe ci-dessous). Au point zéro, 1 parcelle était saine, 13 malades et 2 très malades. Après 1 rotation, 10 parcelles étaient malades et 6 très malades, ce qui reflète l'augmentation de la pression rhizomanie. Au niveau des génotypes, pour les



CHIFFRE CLÉ

**10**  
variétés

FPR sur la liste interprofessionnelle 2018 des variétés recommandées.

2 génotypes Rz1 au point zéro, environ 80 % des plantes étaient saines, 15 % malades et moins de 5 % très malades. Après seulement une rotation, un premier génotype s'effondre avec déjà plus de 10 % de plantes très malades et 25 % de plantes malades ; alors que le second génotype résiste mieux. Au contraire, le génotype Rz1 Rz2 comprend environ 95 % de plantes saines et moins de 1 % de plantes très malades au point zéro comme après la première rotation et apparaît donc toujours résistant en situation de FPR.

## Résistance et contournement : la bataille virus-plante

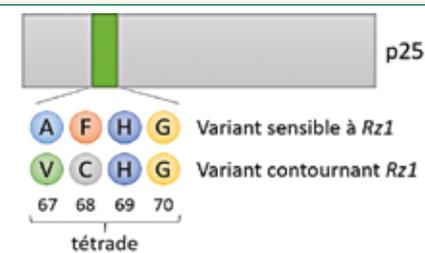
### Les gènes de résistance de la betterave

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* spp. *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.

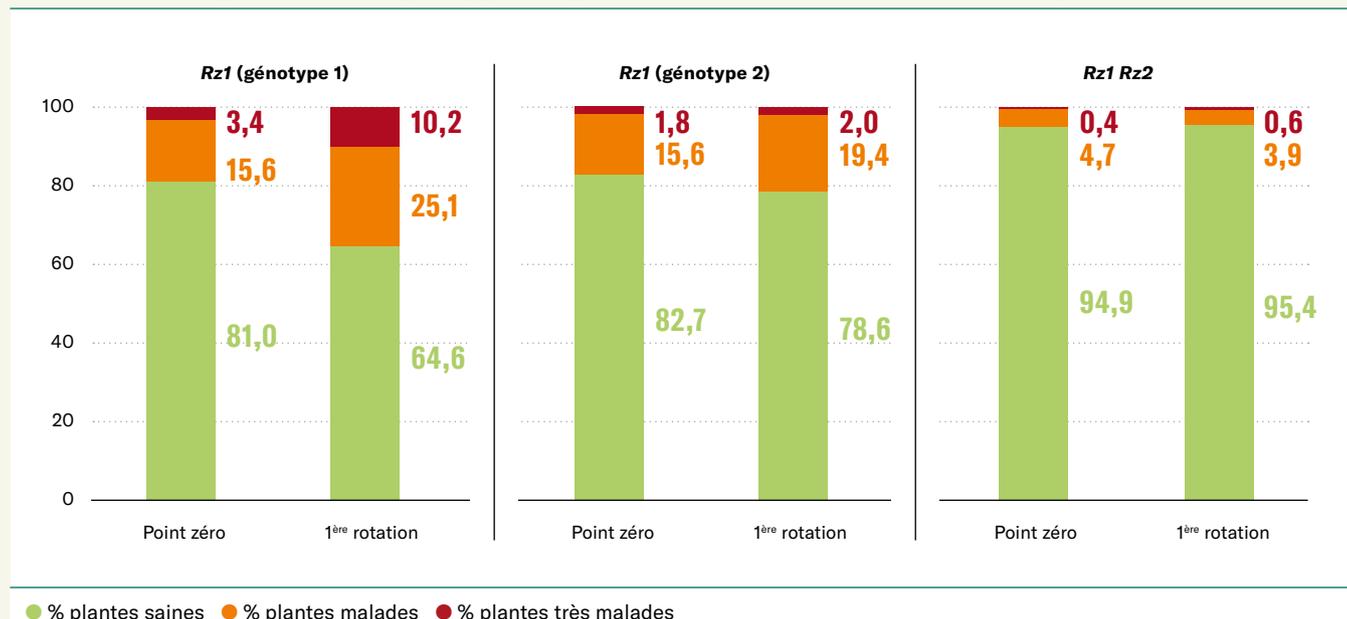
### Les protéines virales impliquées dans les contournements de résistance

Au niveau moléculaire, il a été montré qu'une tétrade d'acides aminés en position 67-70 sur la protéine p25 (encodée par l'ARN 3 du virus) était responsable du 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.

### Variants de p25 et contournement de Rz1



### Évolution du comportement des génotypes simple et double résistants à la rhizomanie après une rotation



● % plantes saines ● % plantes malades ● % plantes très malades

Histogramme représentant le niveau de résistance de génotypes simple et double résistants à la rhizomanie en situation de FPR lors de l'implantation et après 1 retour en betterave. Moyennes sur 16 parcelles.

### CE QU'IL FAUT RETENIR

- L'ITB suit depuis 2009 la durabilité des résistances à la rhizomanie dans les zones FPR en région Centre-Val de Loire et au sud de l'Île-de-France.
- De nombreux contournements de la résistance Rz1 ont déjà été observés et gagnent progressivement du terrain, car ces variétés sont utilisées depuis plus de 30 ans.
- L'utilisation de la double résistance (Rz1 Rz2) permet pour l'instant de lutter efficacement contre le virus.