

CONSEILS DE SAISON

Répondre aux besoins en azote de la betterave

L'ITB rappelle les principales étapes pour conduire au mieux la fertilisation azotée de la betterave : réalisation d'un reliquat azoté, respect de la dose calculée par Azofert® et apport dans de bonnes conditions.

Le statut azoté de la betterave est un facteur déterminant dans l'élaboration du rendement obtenu à la récolte. Sa bonne conduite permet d'optimiser le rendement racine sans dégrader la richesse. Les trois principales étapes sont décrites ci-dessous.

Réaliser une mesure fiable du reliquat sortie hiver

Le reliquat sortie hiver est une donnée essentielle du bilan du fait qu'une interculture longue précède la mise en place de la betterave et que celle-ci est bien souvent cultivée sur des sols profonds. Il couvre en moyenne un tiers des besoins de la betterave tout au long de son cycle. Les valeurs étant très variables d'une parcelle à une autre pour une même année et dans un même contexte pédoclimatique, considérer une donnée moyenne

régionale n'est pas satisfaisant : la seule solution fiable à ce jour est de réaliser la mesure grâce à un prélèvement de terre dans chaque parcelle (voir encadré « Modéliser le reliquat sortie hiver »).

Celui-ci doit être réalisé sur trois horizons, au minimum un mois et demi après le dernier apport organique. En effet, la prise en compte de seulement deux horizons conduit à sous-estimer l'azote disponible à l'ouverture du bilan, et donc à surestimer la dose d'azote à apporter. Or la quantité d'azote dans le troisième horizon peut être conséquente. De plus, pour l'estimation du lessivage de l'azote du sol, la profondeur considérée pour le calcul de la capacité au champ est celle du reliquat : cela conduit donc à une surestimation du lessivage. Sous-estimer le reliquat et surestimer le lessivage revient donc à apporter plus d'azote,

CHIFFRES CLÉS

1/3

des besoins de la betterave sont en moyenne couverts par le reliquat sortie hiver.

2%

C'est le gain de rendement moyen observé dans les essais ITB pour les apports d'engrais localisés.

La localisation de l'engrais est possible quelle que soit sa forme

conduisant en réalité à surfertiliser la culture : plus d'argent dépensé en engrais et ne se traduisant pas par un gain de rendement, mais plutôt une baisse de richesse !

Pour sa réalisation, il est nécessaire d'identifier dans la parcelle la plus grande zone homogène au niveau de la texture pour effectuer les relevés. Pour une parcelle de grande taille, il est possible d'effectuer deux reliquats dans deux grandes zones considérées comme homogènes. Douze carottages doivent être idéalement effectués en forme de cercle afin de capter l'hétérogénéité au sein de la parcelle (figure 1). Il est d'ailleurs déconseillé de suivre une diagonale dans toute la parcelle pour les prélèvements de terre. La répétition du nombre de carottages est une condition nécessaire à la fiabilité de la méthode : en diminuer le nombre peut augmenter très fortement l'erreur relative de mesure. Une fois les échantillons de terre constitués, ils doivent être mélangés de façon homogène pour chacun des horizons, stockés au frais, et envoyés le plus rapidement possible au laboratoire d'analyses.

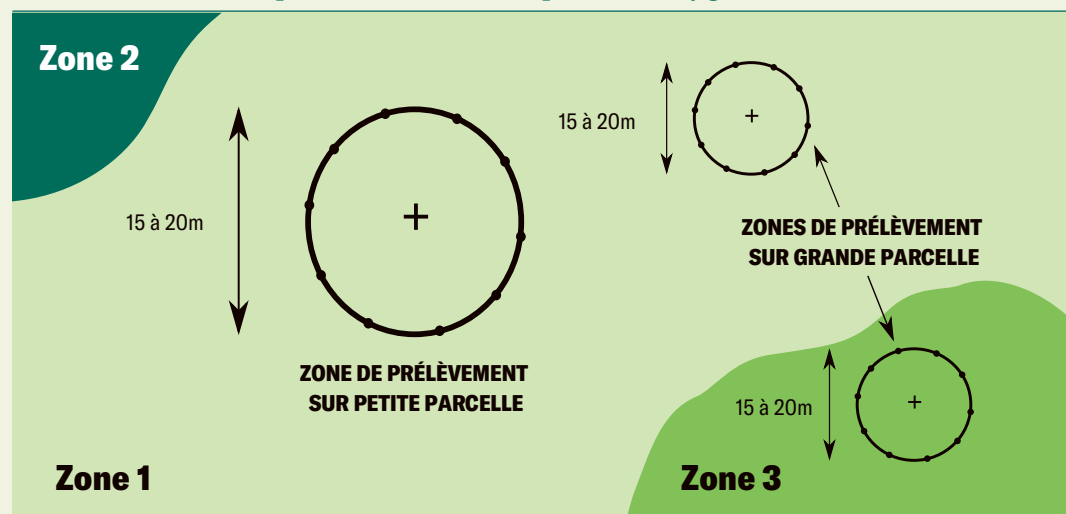
Déterminer la dose d'azote à apporter grâce à l'outil Azofert®

Une fois la valeur du reliquat obtenue, ainsi que la caractérisation de la parcelle grâce à une analyse de sol, il est nécessaire de remplir la fiche de renseignements agronomiques pour l'outil Azofert®

qui permettra de déterminer la bonne dose d'azote à apporter. Azofert® repose sur la méthode du bilan azoté visant à apporter la juste dose pour combler les besoins de la plante. Celle-ci est particulièrement bien adaptée à la betterave dans le sens où aucun ajustement de la fertilisation n'est réalisé en cours de campagne. Azofert® prend en compte et évalue les différents postes de fourniture en azote : la minéralisation de l'humus, des apports organiques, des résidus du précédent et des couverts, le reliquat sortie hiver, l'azote contenu dans l'eau d'irrigation et de pluie. Il les confronte aux différentes sorties : l'azote volatilisé ou lessivé, la part d'engrais soumis à l'organisation microbienne, les besoins de la plante et un reliquat final à la récolte. La différence entre les fournitures et les sorties correspond à la dose d'engrais conseillée. Pour réaliser ces simulations, l'outil se fonde sur des données météorologiques réelles de la récolte du précédent à l'ouverture du bilan (à savoir la date de mesure du reliquat sortie hiver), et sur des données moyennes de l'ouverture du bilan à la récolte de la betterave. La fiabilité des simulations réalisées repose sur la qualité des informations indiquées dans la feuille de renseignements. Azofert®, copropriété du LDAR, de l'INRAE et de l'ITB, a reçu en 2019 le label du Comifer, label soutenu par les ministères. →



Prélèvements de terre pour la mesure du reliquat d'azote (figure 1)



Les prélèvements doivent être réalisés en cercle afin d'éviter de capter un effet géographique de la parcelle.

« Azofert[®], copropriété du LDAR, de l'INRAE et de l'ITB, a reçu en 2019 le label du Comifer, label soutenu par les ministères »

→ Il certifie la conformité du conseil avec les règles Comifer de la méthode du bilan, et engage ses éditeurs à une procédure d'intercomparaison avec les autres outils et avec le calcul réglementaire régional.

L'ITB a pu valider dans des réseaux d'essais conduits chaque année la pertinence de l'outil. Les doses conseillées s'échelonnent de 0 à 160 kgN/ha : quelle que soit la valeur sortie, celle-ci doit être respectée. Le réseau d'essais ITB a aussi fait ressortir la validité de cette dose conseillée dans des parcelles récoltées tardivement.

Bien positionner l'apport d'azote

La dose conseillée obtenue peut conditionner la période d'apport de l'engrais. En effet, pour des valeurs élevées, une certaine prudence est de mise pour éviter tout risque de brûlure du germe. Pour des doses supérieures à 120 kgN/ha,

l'apport devra être réalisé au moins quinze jours avant le semis. *A contrario*, pour des doses conseillées faibles, inférieures à 80 kgN/ha, des apports juste avant ou après semis sont possibles, même conseillés. Des apports localisés au semis sont aussi conseillés (voir encadré « Localiser l'azote au semis »).

Dans le cas de contraintes d'interventions, obligeant à réaliser des apports proches du semis alors que la dose est élevée, il est possible de fractionner l'apport. Deux tiers de la dose peuvent être apportés proche du semis et le tiers restant au plus tard au stade quatre feuilles de la betterave. De nombreux essais conduits par l'ITB ont démontré qu'un apport tardif, au-delà du stade quatre feuilles, se traduit par une perte

de richesse et donc de productivité de la betterave. Il est donc primordial de réintervenir précocement après la formation des premières feuilles.

Dans le cas d'emploi de solution azotée, il est recommandé d'enfouir l'engrais dans les heures qui suivent l'apport pour limiter les pertes par volatilisation ammoniacale. Cela est d'autant plus vrai dans les situations à risques : temps doux et sec, pH élevé, vent important. Pour tous les apports non enfouis (apportés après le semis notamment), il est recommandé d'utiliser de l'ammonitrate, moins susceptible de se volatiliser. Les pertes ammoniacales peuvent en effet être conséquentes et contribuent à la formation de micro-particules dans l'air.

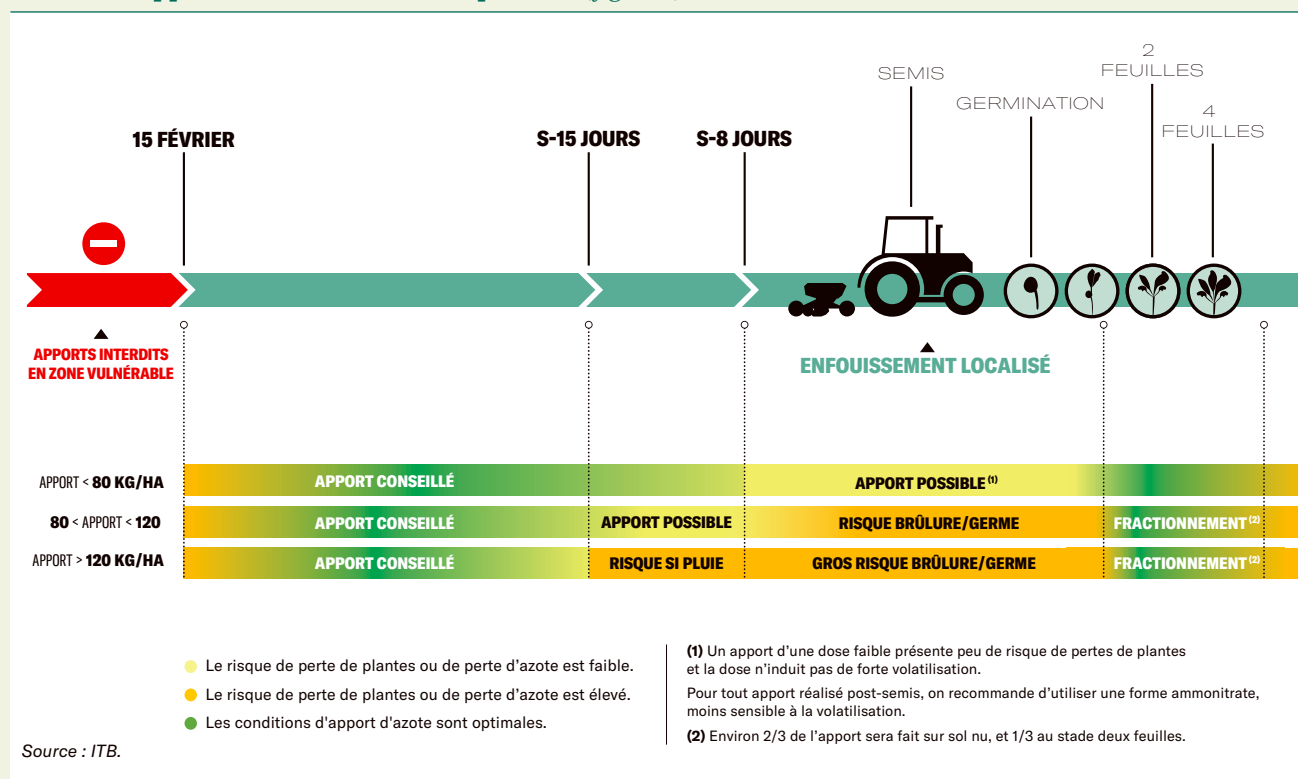
MODÉLISER LE RELIQUAT SORTIE HIVER

Partant du constat que seulement 55 % des parcelles betteravières font l'objet d'un reliquat sortie hiver, le laboratoire LDAR, l'ITB, Tereos et la chambre d'agriculture de l'Aisne ont décidé de monter un projet collaboratif, baptisé OPERA, ayant pour ambition de modéliser le reliquat sortie hiver à la parcelle. Il vise donc à améliorer la qualité du conseil dans les

parcelles non mesurées. L'idée est de s'appuyer sur les formalismes de l'outil Azofert[®] pour tenter d'estimer à la parcelle la valeur du reliquat azoté selon les conditions agronomiques. Le conseil aboutira à deux options : soit la situation de la parcelle est jugée fiable pour une simulation et la valeur pourra être estimée, soit la situation n'est pas jugée fiable

et un prélèvement de terre devra être réalisé. Ce projet a été récemment accepté dans le cadre d'une aide à la mise en place et au fonctionnement des groupes opérationnels du PEI pour la productivité et le développement durable de l'agriculture, financée par l'Union européenne et la région Hauts-de-France. Il sera conduit durant une période de trois ans.

Périodes d'apport de l'azote conseillées par l'ITB (figure 2)



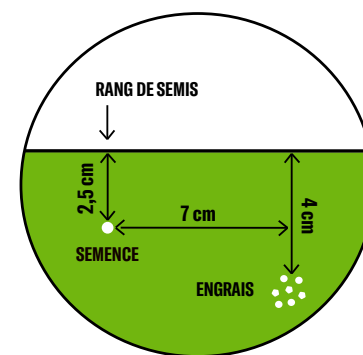
EXPERTISE

Localiser l'azote au semis

Que ce soit sous forme solide ou liquide, l'apport d'azote peut être localisé au semis. Cette technique présente l'avantage de sécuriser l'apport en évitant la perte par volatilisation ammoniacale. Il est indispensable de préciser sur la fiche de renseignements agronomiques Azofert[®] ce mode d'apport. La dose conseillée sera alors diminuée du fait de pertes par volatilisation considérées comme nulles. Une réduction de dose de 10 à 20 % peut ainsi être considérée, avec un gain de rendement moyen estimé à 2 % dans les essais ITB par rapport à un apport classique.

La localisation apporte l'engrais proche de la betterave. Il convient d'être attentif au réglage du dispositif de localisation afin de positionner l'engrais à bonne distance de la graine (figure 3). Un apport trop proche de la graine peut entraîner des brûlures de germes et donc une perte de pieds préjudiciable au rendement.

Positionnement de l'engrais localisé (figure 3)



Le réglage du dispositif de localisation doit être précis.

CE QU'IL FAUT RETENIR

Trois étapes doivent être suivies pour la bonne conduite de la fertilisation azotée : une mesure de reliquat à la parcelle, une estimation de la dose à apporter grâce à l'outil Azofert[®], un apport réalisé dans de bonnes conditions.

L'apport d'engrais localisé permet une réduction de la dose d'environ 10 à 20 % et un gain de rendement moyen d'environ 2 %.

RÉSULTATS D'EXPERIMENTATION

Suivi de la durabilité des tolérances variétales au nématode à kystes

Depuis 2015, l'ITB a mis en place, en collaboration avec l'Union française des semenciers (UFS) et les services agronomiques des sucreries, un suivi de la durabilité des tolérances variétales au nématode à kystes. À ce jour, aucun contournement de tolérance n'a été détecté dans l'ensemble du réseau.

Le nématode à kystes de la betterave, *Heterodera schachtii*, est responsable de pertes de rendement dans la plupart des zones de culture de betteraves sucrières en Europe. Considéré comme indigène en Europe, *H. schachtii* est un nématode polyphage, apte à se développer sur différentes espèces végétales, sauvages et cultivées. Cette polyphagie ainsi que des capacités de survie importantes dans le sol sous forme de kystes diminue fortement les possibilités de contrôle par le biais de rotations adaptées.

Objectifs et protocole du réseau de suivi

Aujourd'hui, les variétés tolérantes au nématode à kystes disposent d'un très haut potentiel de rendement, même en présence du nématode, semblable aux variétés rhizomanie en terrain sain. Mais leur utilisation pourrait contribuer à un maintien voire à une multiplication de la population de nématodes en cours de culture. Ce suivi de longue durée, mis en place en 2015, a donc pour objectif d'évaluer les taux de multiplication du nématode dans les variétés actuellement sur le marché, afin de détecter de manière précoce un éventuel effondrement de la tolérance. Il permettra aussi de classer les variétés tolérantes en fonction de leur sensibilité

« Les variétés tolérantes ne multiplient que faiblement le nématode, quel que soit le contexte agronomique régional »

plus ou moins forte au nématode. Les essais sont implantés sur des parcelles infestées après une analyse nématologique de sol préalable ou d'après l'historique de culture. Le suivi est prévu dans au minimum trois rotations : essai longue durée 2015-2035. Les rotations sont celles effectuées par l'agriculteur (deux, trois, quatre ou cinq ans). Les variétés, également choisies par l'agriculteur, sont semées en bandes de 24 rangs sur 60 mètres. À l'intérieur de chaque bande, quatre zones de quatre rangs sur 10 mètres sont repérées à l'aide du GPS afin d'effectuer des carottages de sol (0-20cm) au semis et à la récolte. Ces échantillons de sols sont ensuite analysés au laboratoire pour le suivi des populations de nématode à chaque rotation.

352 parcelles suivies depuis 2015

Le réseau suivi a débuté en 2015 et en sera à sa sixième année lors des semis de 2020. À ce jour, 352 parcelles ont été analysées au cours de cinq campagnes à l'échelle nationale. 73,5 % des parcelles n'en sont encore qu'au point zéro, 24,5 % sont retournées une fois en betterave et seulement 2 % en sont à leur deuxième retour. Le détail des parcelles suivies sur l'ensemble des huit délégations ITB est donné dans le tableau 1.

Mode de calcul du taux de multiplication

Les taux d'infestation par le nématode à kystes sont en général déterminés en comptant le nombre d'œufs et larves au stade juvénile dans des échantillons de sol prélevés au semis et à la récolte afin de déterminer les niveaux de populations initiaux (Pi) et finaux (Pf). Le rapport Pf/Pi donne le taux de reproduction du nématode qui reflète la capacité de la variété à multiplier ou réduire la population initiale. Compte tenu de la variabilité

importante des valeurs de Pf/Pi entre les échantillons analysés, il est préférable de comparer les médianes plutôt que les moyennes. Des valeurs médianes de Pf/Pi supérieures à 1 indiquent donc des variétés qui multiplient le nématode et sont donc sensibles. À l'inverse, des valeurs de Pf/Pi inférieures à 1 indiquent des variétés qui réduisent les populations de nématode et sont donc résistantes. Les variétés tolérantes peuvent *a priori* être soit sensibles, soit résistantes ⁽¹⁾.

Populations de nématodes à point zéro par région suivie

La figure 1 ci-dessous représente la dispersion des valeurs de Pf/Pi autour de la médiane par région, uniquement pour les parcelles à point zéro (195 exploitables sur 260 suivies). Les médianes se situent entre 1,3 et 3,1, ce qui reflète une légère multiplication des populations de nématode entre le semis et la récolte, bien qu'aucune différence significative entre régions n'ait pu être décelée.

À ce stade, il semble que les variétés tolérantes ne multiplient que faiblement le nématode, quel que soit le contexte agronomique régional. Il sera par ailleurs très important de prendre en compte l'itinéraire cultural sur chaque parcelle (longueur de rotation, cultures, intercultures, épandages) afin de pouvoir expliquer à l'avenir les éventuelles différences observées entre régions.

Évolution des populations de nématodes après un retour

Parmi les 85 parcelles déjà retournées une fois en betterave, 45 sont exploitables. La figure 2 en page suivante représente l'évolution des populations de nématodes sur l'ensemble de ces parcelles, entre le point zéro et le premier retour. À point zéro, la médiane est égale à 1,4 et la moyenne à 14,3 contre respectivement 3,8 et 24,7 après un retour. Les populations de nématodes sont donc légèrement plus élevées après un retour en betterave qu'à point zéro sur ces →

CHIFFRES CLÉS

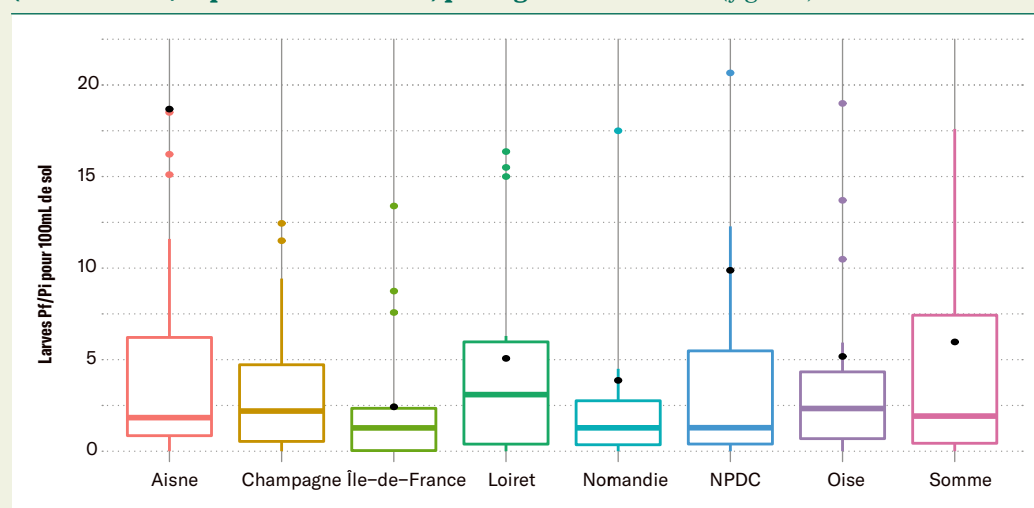
352

parcelles suivies depuis 2015 dans le réseau.

Nombre de parcelles suivies dans le réseau de 2015 à 2019 (Tableau 1)

Région	Point zéro	1 ^{er} retour	2 ^e retour	Total
Nord-Pas-de-Calais	42	5	0	47
Île-de-France	27	20	3	50
Normandie	22	5	0	27
Aisne	38	18	1	57
Somme	30	9	0	39
Oise	35	12	3	50
Champagne	41	8	0	49
Loiret	25	8	0	33
National	260	85	7	352

Diagramme en boîtes représentant les taux de multiplication des larves au point zéro (valeurs de Pf/Pi pour 100 mL de sol) par région betteravière (figure 1)



50% des valeurs se situent à l'intérieur de la boîte, dont la barre intérieure représente la médiane. Les valeurs extrêmes sont indiquées par les traits et points de couleur. Les moyennes sont indiquées par les points noirs.

« Le comportement de Florena se rapproche de celui d'une variété résistante »

→ 45 parcelles, mais ces différences ne sont encore une fois pas statistiquement significatives.

Comparaison des six variétés principales du réseau

Les valeurs de Pf/Pi (point zéro et premier retour compris) ont également été comparées pour les six variétés les plus semées dans le réseau : Millenia KWS, Annabella KWS, Acacia, BTS 830, BTS 890 et Florena (voir figure 3). Les médianes sont comprises entre 0,9 et 5,2, sans différences significatives entre variétés. Il est néanmoins intéressant de noter que, avec le jeu de données actuel, la variété Florena a une valeur médiane de 0,89 et son comportement se rapproche ainsi d'une variété résistante au nématode, à la différence des autres variétés qui sont toutes plus ou moins sensibles.

En conclusion, ce réseau permet de suivre les taux de multiplication du nématode pour les variétés testées et dans des contextes agronomiques différents. Plusieurs années seront nécessaires afin d'en tirer des conclusions plus solides. Il permettra aussi à terme de classer les variétés selon leur degré de sensibilité (ou de résistance) au nématode à kyste *H. schachtii*. Enfin, il est connu que le taux initial d'infestation des sols a un effet important sur la multiplication du nématode, qui tend à diminuer lorsque l'infestation initiale augmente⁽²⁾. Cet aspect, qui pourrait participer de la durabilité des tolérances au nématode, *via* en quelque sorte une boucle d'autorégulation naturelle, sera également important à étudier après plusieurs rotations.

1. Reuther M, Grundler FMW : *Nematode-tolerant sugar beet varieties - Resistant or susceptible to the beet cyst nematode Heterodera schachtii ?* Sugar Ind. 2017, 5 :277-284.

2. Hauer M, Koch HJ, Krüssel S, Mittler S, Märlander B : *Integrated control of Heterodera schachtii schmidt in Central Europe by trap crop cultivation, sugar beet variety choice and nematocidal application* (Internet). Appl. Soil Ecol. 2016, 99 :62-69.

CE QU'IL FAUT RETENIR

- **352 parcelles** ont été analysées durant cinq campagnes à l'échelle nationale : 73,5 % des parcelles sont au point zéro et 24,5 % sont retournées une fois en betterave.
- **Les variétés tolérantes** semblent ne multiplier que faible-

ment le nématode, quel que soit le contexte agronomique régional.

- **Plusieurs rotations** seront nécessaires afin de révéler d'éventuelles différences entre variétés et/ou régions.



CHIFFRE CLÉ

6

variétés tolérantes au nématode sont prépondérantes dans réseau

ADAPTER SES PRATIQUES AGRONOMIQUES POUR LIMITER LA MULTIPLICATION DU NÉMATODE

Éviter l'implantation d'espèces hôtes

L'implantation trop fréquente d'espèces hôtes (colza, choux, épinard) au sein de la rotation est à proscrire. Dans les situations où les parcelles sont infestées en nématodes, la culture du colza ou d'autres crucifères non nématicides en rotation avec la betterave doit être évitée. Dans tous les cas, il est impératif de bien gérer la culture de colza après la récolte (chaumes et repousses) en détruisant systématiquement les pivots et les repousses au minimum toutes les quatre semaines (cf. directive *Nitrates*) ou toutes les trois semaines sur les parcelles dont l'infestation est reconnue. Une destruction mécanique à l'aide d'un outil superficiel sera suffisante.

Allonger la rotation

L'allongement de la rotation permet de diminuer naturellement les niveaux de populations dans le sol en l'absence de betterave et de colza. Il est ainsi recommandé d'espacer les cultures multiplicatrices de quatre ans au minimum.

Planter des crucifères résistants en interculture

Planter très précocement une crucifère résistante en interculture, moutardes blanches et radis, est conseillé. Les radis ont l'avantage, par rapport aux

moutardes, de pouvoir être implantés plus précocement. En France, le caractère résistant des variétés est validé par un test normalisé proposé par le laboratoire national de référence du GEVES (la SNES). Grâce à leur profondeur d'enracinement, les crucifères résistantes peuvent avoir une action nématicide jusqu'à 90 cm de profondeur et améliorent la structure du sol. Pour pouvoir bénéficier d'un effet de réduction des populations de nématodes, l'implantation des moutardes ou des radis doit être effectuée au minimum début juillet à la dose de 100 grains/m². Dans une utilisation conventionnelle de crucifère en couvert d'interculture, les variétés résistantes sont conseillées afin d'éviter tout risque de multiplication si les températures clémentes de l'automne sont suffisantes pour boucler un cycle parasitaire.

Planter précocement les betteraves

Un semis précoce de betterave assure la formation d'un système racinaire qui permet de mieux supporter l'infestation et augmente la tolérance des plantes, plus particulièrement en période de stress hydrique. En effet, les températures printanières (<10 °C) ne sont pas favorables au développement du nématode.

Diagramme en boîtes représentant les taux de multiplication des larves (valeurs de Pf/Pi pour 100 ml de sol) entre le point zéro et 1^{er} retour en betterave pour les 45 parcelles à ce stade du suivi. (figure 2)



Diagramme en boîtes représentant les taux de multiplication des larves (valeurs de Pf/Pi pour 100 ml de sol) pour les six variétés principales du réseau (figure 3)

