

RECHERCHE EN COURS



Prédire les vols de pucerons

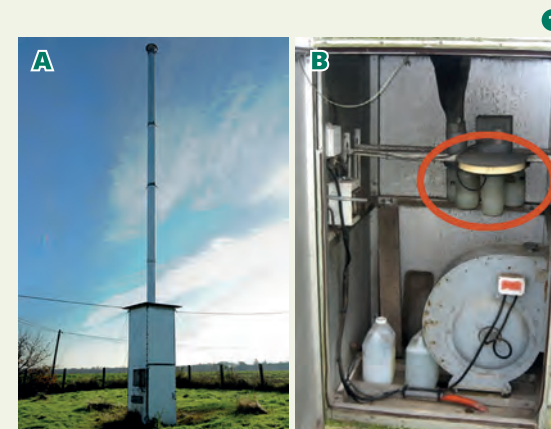
La prévision des vols de pucerons est un enjeu important pour accompagner la prise de décision sur le terrain. De nouveaux modèles sont en cours de développement dans le PNRI.

Depuis 2010, la filière s'est dotée de réseaux d'épidémiologie-surveillance qui sont aujourd'hui valorisés dans le cadre du projet Sepim du PNRI. En particulier, l'observatoire Vigibet qui mesure chaque année la pression de pucerons et de la jaunisse. Cet observatoire est constitué d'un réseau d'une trentaine de parcelles semées sans traitement de semences insecticides et non traitées en végétation. Plus de 200 parcelles sans néonicotinoïdes sont également observées depuis 2019 dans le réseau de surveillance biologique du territoire qui alimente le Bulletin de Santé du Végétal (BSV). Par ailleurs, des captures de pucerons au niveau de tours à succion viennent compléter les réseaux d'observations au champ. Les informations générées par ces outils de surveillance sont aujourd'hui valorisées grâce au projet Sepim coordonné par l'Inrae pour améliorer la prédiction des risques de pucerons et de jaunisse.

De l'enregistrement des vols à leur prévision

Une façon de limiter l'incertitude associée aux prédictions d'un modèle est d'intégrer des données d'observations réelles. La tour à succion du Rheu (35), gérée par l'UMR IGEPP, mesure quotidiennement l'abondance des pucerons *Myzus persicae* ailés interceptés en vol. Il s'agit d'un dispositif aspirant l'air à

une hauteur de 12 mètres, avec un débit constant et continu. Les pucerons capturés sont identifiés et dénombrés chaque jour. Historiquement, des tours à succion étaient réparties sur tout le territoire mais celle du Rheu est la seule qui soit restée active, depuis plusieurs décennies, tout au long de l'année, et en particulier lors de la période de sensibilité de la betterave à la jaunisse. Les données accumulées depuis 1978 mettent en évidence une bonne corrélation entre les captures de pucerons réalisées au Rheu et celles effectuées en zone betteravière. En effet, la douceur du climat océanique permet généralement aux pucerons de s'envoler plus tôt en Bretagne que dans le grand quart nord-est de la France. L'analyse des données fournies par les pièges à succion montre que la précocité et l'amplitude des vols de pucerons varient fortement entre les bassins de production betteravière et d'une année à l'autre. Anticiper les caractéristiques locales des vols de printemps permettrait ainsi d'améliorer la prévision et la gestion du risque de jaunisse à une échelle opérationnelle. Combinés à d'autres informations telles que le climat ou les mouvements de masse d'air, les comptages de la tour à succion au Rheu conduiront prochainement à déployer un modèle de prévision des dynamiques de vols de pucerons au-dessus des parcelles de betteraves.



1
Figure A
Le piège à succion du Rheu (Ille-et-Vilaine) géré par l'UMR IGEPP.

Figure B
Intérieur du piège. La zone entourée en rouge correspond aux pots en plastique contenant les captures quotidiennes, fixés sur un tourniquet. Toutes les 24 heures le tourniquet tourne, le pot du jour prend alors sa place et conditionne les pucerons aspirés.

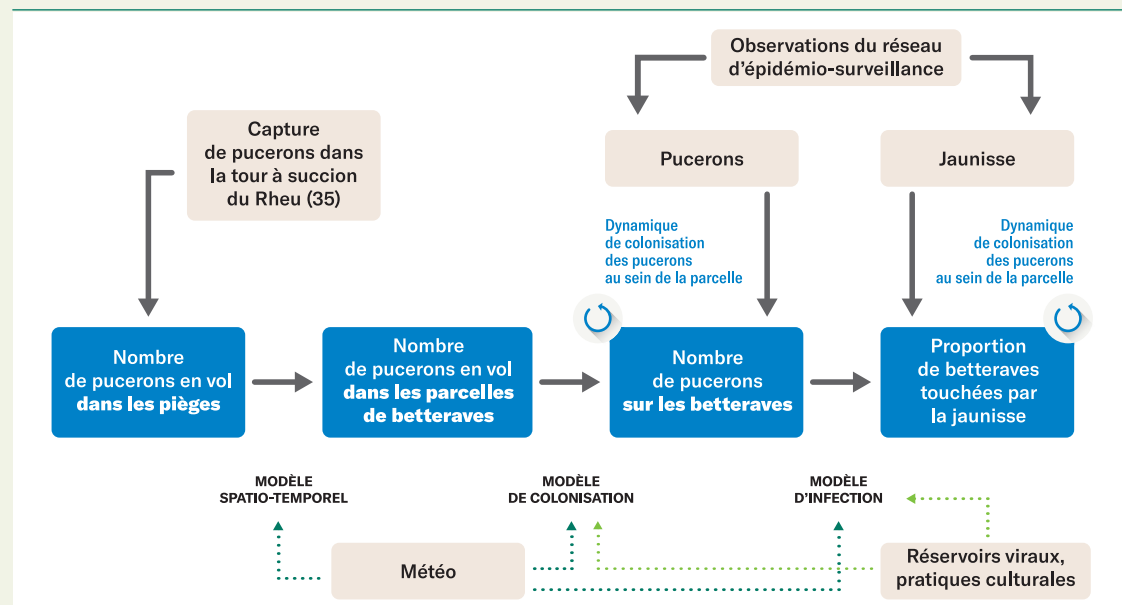


2
Le réseau historique de pièges à succion Agraphid (géré par l'UMR IGEPP). Chaque marqueur correspond à la position géographique d'un piège. Le seul piège encore en fonctionnement à l'année, situé au Rheu (Ille-et-Vilaine) est indiqué en rouge.

De la prévision des vols au risque jaunisse

En complément, d'autres approches de modélisation sont mises en œuvre dans le projet Sepim pour identifier les facteurs de risque relatifs aux pressions de pucerons, de jaunisse et aux pertes de rendements. Des données d'occupation du sol telles que la présence de réservoirs viraux, des pratiques agricoles à risque et des modèles de dissémination des différents virus seront prises en compte pour prédire le risque de jaunisse. L'objectif final est de fournir aux acteurs de la filière des outils de visualisation spatio-temporelle de l'état sanitaire, d'évaluation des risques et de leur prévision, qui enrichiront la version actuelle de l'outil Alerte Pucerons de l'ITB afin d'évoluer vers un système complet d'aide à la décision.

Schéma de fonctionnement des modèles de prévision des risques pucerons et de jaunisse



CE QU'IL FAUT RETENIR

- L'amélioration des prévisions de la précocité et de l'amplitude des vols de pucerons au-dessus des parcelles de betteraves, et des incertitudes associées, ouvre des perspectives supplémentaires de gestion et de prévision du risque de jaunisse.
- Anticiper ces vols permettrait de positionner des interventions techniques visant à limiter l'infestation.
- De nouveaux outils d'aide à la décision seront mis à la disposition de la filière.

BILAN

L'avancement du PNRI projet par projet

Dans le Plan National de Recherche et d'Innovation, chaque projet avance en parallèle des autres, mais tous visent la même direction : la lutte contre la jaunisse de la betterave à l'horizon 2024. À cette fin, les projets ont vocation à se compléter les uns les autres afin de proposer, à l'issue des recherches, une combinaison de solutions réalisables et applicables. Voici un état des lieux de chaque projet de ce programme :

BIEN COMMUN

Ce projet a pour objectif de mettre en place des formes nouvelles de gouvernance permettant de répartir les cultures sur le territoire, entre agriculteurs, et de mettre en œuvre des mécanismes de compensation entre agriculteurs. Une méthodologie permettant à des conseillers agricoles de faire émerger, à l'échelle de territoires, des modalités de gouvernance collective devrait être établie à l'issue de ce projet.

BIOCONTRÔLE ANTI-PUCERON

Ce projet étudie l'utilisation de composés volatils naturels jouant à la fois un rôle répulsif pour les pucerons et attractif pour la coccinelle. Les travaux ont permis de caractériser les composés retenus, de travailler sur leur synthèse et leur formulation. Des essais menés en parcelles ont démontré une arrivée plus précoce et plus importante des coccinelles sur les modalités bénéficiant de la diffusion des médiateurs chimiques naturels. L'optimisation des formulations et des modalités de diffusion est en cours.

CONTRÔLE PAR CHAMPIGNONS ENDOPHYTES

Le projet « Endophyte » vise à contrôler les pucerons grâce à des fétuques inoculées avec des champignons produisant des composés insecticides. Elles sont implantées l'année précédente puis détruites pour libérer les composés et limiter la concurrence avec la betterave. Suite aux essais menés par l'ITB en 2021, des ajustements seront réalisés en 2022 dans la conduite de l'itinéraire technique pour éviter la concurrence observée. La preuve de concept reste à faire.

CONTRÔLE PAR CHRYSOPES (CHRYSCONTROL)

Le projet vise à contrôler les pucerons par des lâchers de chrysopes. Différents programmes de traitements au champ sont étudiés : l'apport d'œufs pour une stratégie préventive généralisée et l'apport de larves pour une stratégie curative généralisée. Sept modalités ont été testées incluant des témoins non traités et des contrôles traités chimiquement, ainsi que des facteurs avec et sans plantes compagnes. Les résultats ont montré un effet positif des apports de chrysopes sur les populations de pucerons et sur la jaunisse, principalement avec la stratégie d'apport de larves. L'intégration de plantes compagnes améliore systématiquement l'efficacité des traitements.



Ce programme bénéficie
du financement de :



La responsabilité du ministère chargé
de l'agriculture ne saurait être engagée



CONTRÔLE PAR CHRYSOPES ET APHIDIUS

Des lâchers simultanés d'un prédateur et d'un parasitoïde de pucerons ont été réalisés dans 7 parcelles de différents départements. Dans les conditions de l'année 2021, avec de faibles pressions en pucerons, les modalités testées n'ont pas permis de limiter la propagation des pucerons verts et de la jaunisse. Pour 2022, il est envisagé d'augmenter la dose des auxiliaires en privilégiant l'utilisation des parasitoïdes apparemment mieux adaptés.

DIAGNOSTIC AGRONOMIQUE ET TRAQUE AUX INNOVATIONS (ABC)

Une vingtaine d'entretiens ont été réalisés avec des betteraviers afin de recueillir leurs observations, et des informations sur les pratiques associées à la betterave. Deux systèmes techniques qui combinent des leviers agronomiques pour lutter contre les pucerons ou réduire les dégâts de jaunisse sur les betteraves ont été conçus. Ces systèmes, qui associent plantes compagnes et bandes fleuries pour l'un, variation de date de semis et de dose d'azote pour l'autre, seront évalués sur des fermes pilotes ou chez des agriculteurs volontaires et, selon les résultats, pourront être testés plus largement.

DURABILITÉ ÉCONOMIQUE ET FERMES TYPES (DEFT)

Le projet Deft a permis la construction de six fermes-types betteravières qui ont été intégrées dans l'outil Systemre (évaluateur de performances techniques, économiques et environnementales). Les assolements et les rotations culturales « types » ont été calibrés puis comparés avec des données réelles. Les premiers tests confirment la cohérence des indicateurs économiques disponibles en sortie de modèle. L'évaluation des impacts économiques du levier « plantes compagnes » a démarré.

ÉVALUATION DES PRODUITS DE BIOCONTRÔLE

En 2021, 14 substances actives représentant une quarantaine de modalités ont été testées sous serre. Des essais sur leurs conditions d'application, pour optimiser l'efficacité de ces produits, ont été réalisés sous serre également. Les 7 produits les plus prometteurs ont ensuite été évalués en micro-parcelles au champ. Un produit semble avoir eu un impact sur la population de pucerons. Des essais complémentaires seront menés en 2022 pour confirmer ces résultats et évaluer l'impact économique de l'utilisation de cette substance.

ÉVALUATION DES VARIÉTÉS RÉSISTANTES (YELLOWS RESISBEET)

Le projet Yellows Resisbeet a permis la mise au point des modalités d'inoculation des jaunisses virales avec des pucerons virulifères et le développement d'une méthode RT-qPCR multiplexe pour identifier et quantifier 4 virus (BChV, BMV, BYV et BtMV). Ces avancées ont abouti en 2022 à l'élaboration de protocoles d'évaluation de la résistance/tolérance variétale au champ et en tunnels, dans le cadre du CTPS pour l'inscription des futures variétés.

FERMES PILOTES D'EXPÉRIMENTATIONS

Un réseau d'expérimentations sur des parcelles sans néonicotinoïde teste des solutions alternatives seules ou en combinaison pour lutter contre la jaunisse. Des premiers résultats intéressants ont été obtenus en 2021 sur l'intérêt des plantes compagnes. D'autres leviers seront mobilisés à partir de 2022, tels que des variétés, des bandes fleuries, des lâchers d'auxiliaires ou encore des produits de biocontrôle.

GESTION DE LA DIVERSITÉ DES RÉSISTANCES GÉNÉTIQUES (EGOVAR)

L'arrivée prochaine sur le marché de variétés partiellement tolérantes aux virus encourage l'ITB et les services agronomiques de sucreries à évaluer l'intérêt de mélanges variétaux, afin de mieux contrôler la dispersion virale au sein de la parcelle. Ces travaux se font en concertation avec les sélectionneurs. Les premiers résultats seront disponibles en 2022.

GESTION DU RISQUE JAUNISSE (GRECOS)

La première étape du projet GREcoS a pour objectif d'améliorer les méthodes d'évaluation des pertes de rendements betteraviers liées à la jaunisse. Une démarche basée sur la construction d'abaques, prenant en compte les critères de date d'apparition de la jaunisse et le type de virus, est en cours de finalisation. Dans le même temps, la collecte d'informations de rendement sur une longue période va permettre de reconstituer un jeu de données nécessaire au calcul de la prime jaunisse.

INFRASTRUCTURES AGROÉCOLOGIQUES (IAE)

Ce projet vise à quantifier l'impact d'infrastructures agroécologiques sur les niveaux de populations de pucerons vecteurs de jaunisse et de leurs ennemis naturels. À l'échelle locale, des méthodes de suivis spécifiques et d'analyses moléculaires sont destinées à identifier les groupes taxonomiques et fonctionnels d'ennemis naturels de pucerons. À plus large échelle, le projet s'appuie sur le réseau des fermes pilotes pour évaluer l'effet contexte-dépendants (climat, paysage) des IAE.

MANIPULATION DES PUCERONS PAR ODEUR

Le projet d'Agriodor repose sur la mise en place d'une solution innovante basée sur la manipulation du comportement des pucerons à l'aide des odeurs. Les résultats de 2021 ont montré une baisse de l'abondance des pucerons en présence des odeurs potentiellement répulsives, qui se traduit par une diminution significative du taux de jaunisse.

MODÉLISATION PAYSAGÈRE

Le modèle en cours de développement vise à explorer des scénarii de gestion du paysage (mosaïque des cultures et d'habitats semi-naturels) et à évaluer leurs effets sur le potentiel de régulation du puceron vert, considérant la disponibilité de ses hôtes et ennemis naturels. Il pourra être mobilisé pour accompagner les acteurs de la filière dans la conception d'une gestion agroécologique du puceron à l'échelle du paysage.

MODÉLISATION ET GESTION DES RISQUES (SEPM)

Surveiller, prédire et réduire les risques : le projet mobilise et analyse des données hétérogènes (collectes et enquêtes de terrain, pièges à succion, essais de mesures prophylactiques, images satellites...) pour mieux évaluer l'état sanitaire des cultures, connaître et prédire les situations à risque, définir des signaux d'alerte et, en réponse à ces signaux, anticiper les interventions et leurs effets à des horizons temporels multiples.

PLANTES DE SERVICES ET COV (SERVIR)

Le projet SerVir étudie les dynamiques d'infestation (puceron) et d'infection (virus) de betteraves et évalue l'impact de plantes de service (PdS) et de composés organiques volatils (COV) sur ces dynamiques. Des paramètres clés du processus infectieux et des PdS/COV, perturbant ces paramètres, sont en cours de caractérisation. Des essais au champ sont réalisés pour tester des stratégies impliquant des PdS et/ou des COV pour lutter contre les jaunisses virales.

RÉSERVOIRS VIRAUX (RESAPHID)

Ce projet cherche à identifier, par des approches moléculaires, les réservoirs de virus et les vecteurs des jaunisses. Les pucerons vecteurs exploitent une grande diversité de plantes-hôtes, cultivées ou non cultivées. Certaines de ces plantes sont susceptibles d'être des réservoirs des virus transmis par les pucerons aux betteraves. 131 échantillons ont été collectés en 2021, représentant plus de 600 pucerons.

SÉLECTION DE VARIÉTÉS PERFORMANTES (FLAVIE)

En partageant leur expertise scientifique, des semenciers (Betaseed, DLF Beet Seed, Florimond Desprez, KWS et SESVanderHave) ont décidé de s'associer avec, pour objectif, d'accélérer le développement de solutions variétales contre les jaunisses en France. Sous l'égide du PNRI, le projet Flavie se poursuivra ainsi en 2022 et 2023, évaluant jusqu'à 1 000 nouvelles variétés, en étroite collaboration avec les partenaires scientifiques du PNRI tels que l'ITB, le Geves, le CTPS et l'Inrae.

SÉLECTION DE VARIÉTÉS TOLÉRANTES (PROBEET)

Le projet Probeet porté par Deleplanque a pour objectif de sélectionner des variétés de betteraves sucrières tolérantes à la jaunisse virale, accompagnant ainsi la disparition des néonicotinoïdes. Une large gamme de variétés choisies sur la base des travaux de sélection réalisés depuis 2015 sera expérimentée dans 4 régions françaises. Ce projet permettra de comparer les rendements, avec et sans inoculation, des trois principaux virus de la jaunisse.

STRATÉGIE DE PROTECTION (PROVIBE)

Le projet ProViBe est dédié à l'étude des quatre virus responsables des jaunisses de la betterave : leur répartition dans la plante, leur transmissibilité par puceron, leur impact sur le rendement lorsqu'ils sont seuls ou en mélange, leur diversité génétique dans les parcelles. Les travaux portent également sur l'évaluation d'une méthode de lutte par protection croisée, et sur la mise au point de nouvelles méthodes de détection des virus dans les plantes ou les pucerons.

UN POINT SUR

Le charançon et la recherche de solutions

Dans le cadre de travaux communs avec la Fnams, l'Inrae, Tereos, Cristal Union et la Chambre d'agriculture du Loiret, l'ITB va expérimenter en 2022 différents moyens de lutte contre le charançon *Lixus juncii*. Cette page illustre les principaux travaux prévus par l'ITB.

Des différences variétales à confirmer

En 2019, une étude menée dans le cadre du Centre Technique Betteravier de Limagne, sur 6 variétés, a montré que les femelles de *Lixus* pondent a priori de manière indifférenciée dans les pétioles des betteraves quel que soient les variétés (voir figure 1). Cependant, l'analyse des racines a permis d'observer que le développement larvaire dans les plantes est influencé par la variété (voir figure 2), ce qui laisse penser qu'il existe des différences de composition ou des différences physiques qui impactent le développement des larves.

Au cours de l'hiver 2021-2022, un screening de métabolites présents dans les deux variétés les plus contrastées, étudiées en 2019, a été conduit en collaboration avec une équipe de l'Inrae. L'étude a confirmé une différence de profil de métabolites entre les deux variétés, certaines molécules étant connues pour déclencher des mécanismes de protection des plantes. C'est une voie prometteuse pour sélectionner

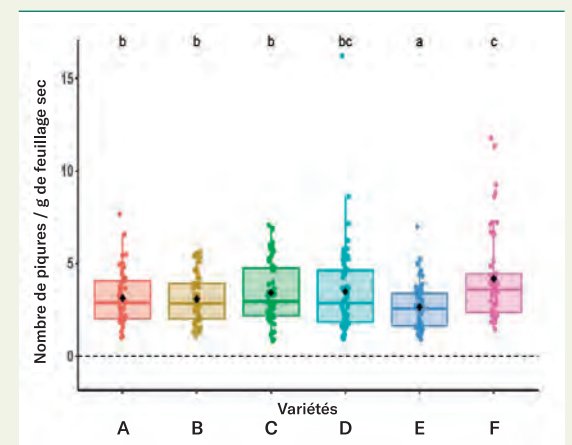
des variétés de betteraves moins sensibles vis-à-vis du *Lixus*. De nouvelles expérimentations seront conduites en 2022 par l'ITB et les services agronomiques de sucrerie pour valider cette approche.

Première année de tests de plantes compagnes

Déjà testées dans le cadre du PNRI (Plan National de Recherche et d'Innovation) dans la lutte contre les jaunisses virales, les plantes compagnes (avoine et féveroles pour ces travaux de 2022) vont également être expérimentées contre le charançon. L'objectif est de cultiver une deuxième espèce en association afin de réduire les populations de charançons sur les betteraves. Ces plantes perturberaient les ravageurs dans leurs déplacements et leurs comportements. En parallèle, des tests avec différentes densités de betteraves sucrières, ainsi que des betteraves fourragères servant de plantes pièges, vont être également mis en place afin d'observer si des différences de dégâts sont observés.



Nombre de piqûres par gramme de feuillage sec en fonction de la variété



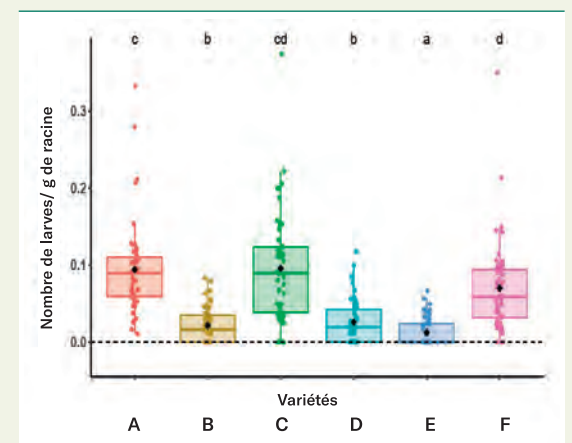
Larve de charançon formant une galerie dans une racine de betterave

Figure 1
Les lettres représentent les groupes statistiquement homogènes. Pas de différences fondamentales de la densité de piqûres entre les variétés.



Figure 2
Malgré des densités de piqûres homogènes, trois variétés développent sensiblement moins de larves dans la racine.

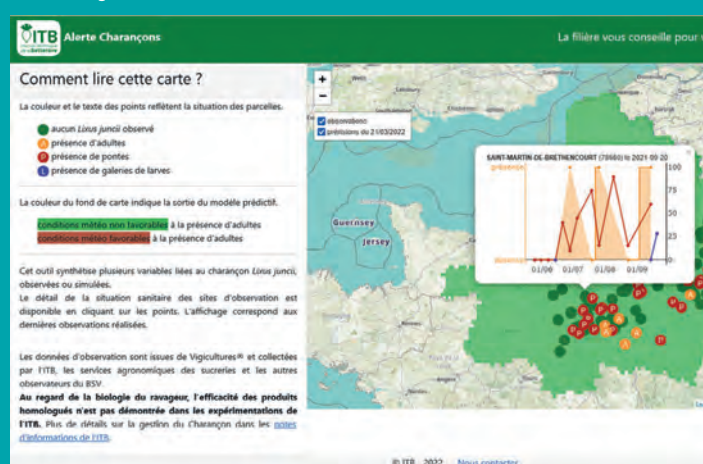
Nombre de larves par gramme de racine en fonction de la variété



Disponible sur le site de l'ITB (www.itbfr.org), « Alerte Charançons » est le nouvel outil de surveillance du *Lixus juncii*.

UN OUTIL DE SUIVI DU CHARANÇON *LIXUS JUNCII*

L'ITB va proposer, dès cette année, un outil de cartographie de la pression charançon associé à un premier modèle prédictif. Cette veille s'appuiera sur le suivi des parcelles des agriculteurs du réseau de suivi biologique du territoire. Les observateurs de la filière noteront plusieurs variables liées à la biologie du ravageur, de manière hebdomadaire, tout au long de la campagne, afin d'évaluer à la fois la pression et les dégâts. La présence ou l'absence d'adultes sera ainsi surveillée et leurs pontes dans les pétioles seront comptées. Puis, à partir de juillet, des betteraves seront décollées afin de dénombrer les galeries creusées par les larves écloses à partir des œufs déposés. En complément, un modèle météorologique



simplifié donnera une estimation de l'arrivée des charançons adultes. Il sera basé sur la température et calibré à partir des relevés et de l'expertise acquise les années précédentes. L'interface interactive permettra d'avoir un aperçu de la pression locale en un coup d'œil sur une carte, tout en donnant accès à la

dynamique précise du ravageur sur chaque parcelle. Toutefois, au regard de la biologie du ravageur, l'efficacité des produits homologués n'est pas démontrée dans les expérimentations de l'ITB. Néanmoins, de nouveaux produits seront testés en 2022 dans le cadre de cette lutte.

CE QU'IL FAUT RETENIR

- Des travaux en commun avec différents partenaires vont permettre d'intensifier la recherche contre le charançon *Lixus juncii*. Les principaux axes de recherche sont :
 - La composition en métabolites des variétés.
 - Les plantes compagnes associées aux betteraves qui pourraient permettre de modifier le comportement des *Lixus juncii* dans les parcelles cultivées.
- Le nouvel outil « Alerte Charançons » va cartographier pour la première année, en 2022, la pression des charançons en culture de betterave.