

RÉSULTATS D'EXPÉRIMENTATION

Des outils complémentaires pour évaluer l'impact de la jaunisse

L'ITB utilise ses drones et des techniques de télédétection afin d'enrichir les notations réalisées par ses expérimentateurs et évaluer précisément les symptômes de jaunisse.

Les apports de la télédétection pour quantifier la jaunisse

L'ITB s'est intéressé à des essais du Plan national de recherche et d'innovation (PNRI) comportant de nombreuses variétés inoculées avec les virus de la jaunisse. À cette occasion, de nouveaux indices de végétation ont été intégrés dans la chaîne de traitement. Les mesures des coefficients de corrélation et de l'erreur moyenne montrent que les mesures réalisées à partir des images prises avec une caméra multispectrale sont plus précises que celles prises avec une caméra classique (RGB). L'estimateur du taux de chlorophylle semble la variable plus pertinente pour suppléer à des notations humaines : la relation semble linéaire et l'erreur moyenne est faible. En outre, l'analyse statistique confirme un effet significatif de la variété.

Ces résultats confortent ceux des années précédentes, mais la formule doit être calibrée avec davantage d'essais avant de pouvoir être utilisée à la place des notations humaines.

Etudier la betterave grâce à la télédétection

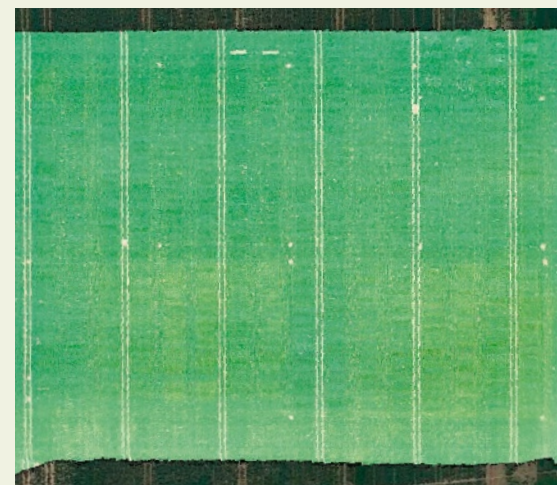
Un des enjeux de la numérisation des essais est de pouvoir mesurer, a posteriori et de manière fine, différents traits d'intérêt tels que le développement foliaire, la susceptibilité au stress hydrique, la teneur en chlorophylle, ... Ces mesures sont indirectes et s'appuient sur des images, d'où le terme de télédétection. L'utilisation de caméras multispectrales permet ainsi de combiner différentes longueurs d'ondes en calculant des « indices de végétation ». Chaque indice est spécifiquement conçu pour utiliser les parties du spectre lumineux

corrélées avec la caractéristique végétale que l'on souhaite étudier. Dans le cas du célèbre NDVI (Normalized Difference Vegetative Index ou Indice de végétation par différence normalisée), on s'intéresse par exemple à la différence de luminosité dans le rouge (absorbé par les plantes) et l'infrarouge (réfléchi par les plantes). On procède de manière similaire pour estimer le taux de chlorophylle des feuilles, grâce à des longueurs d'ondes particulières.

L'ITB dispose également de réseaux de neurones qui sont des algorithmes pouvant être entraînés à reconnaître n'importe quel organe végétal ou objet d'intérêt. Ils sont utilisés pour identifier chaque plant de betterave individuel et pour discriminer de manière précise la végétation du sol.

La numérisation haut-débit des essais à l'ITB

Le programme Aker a permis à l'ITB de passer dans l'ère du phénotypage variétal. Depuis, à chaque campagne, davantage d'essais sont survolés par drone, afin de mesurer des caractères physiologiques d'intérêt pour les classements



« orthophoto » d'une plateforme d'expérimentation, chacune des centaines de photos originales permet de couvrir les micro-parcelles avec une résolution d'environ 5 mm par pixel.

CHIFFRE CLÉ

3,5 ha

c'est la surface de la plateforme reconstituée sur la dernière illustration

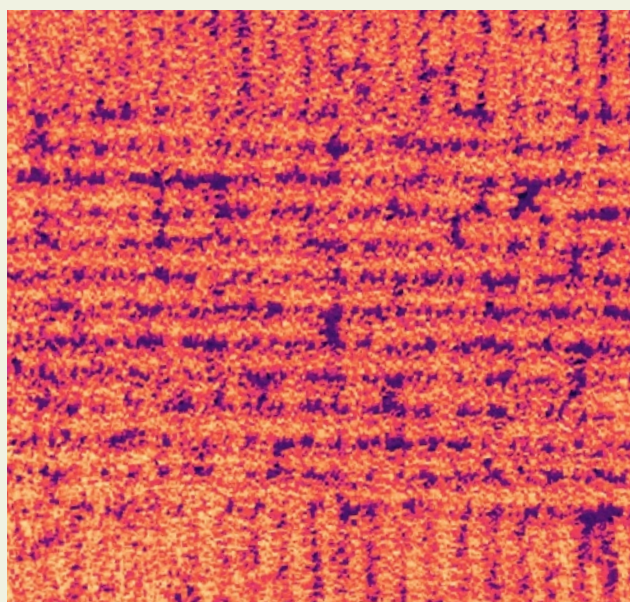
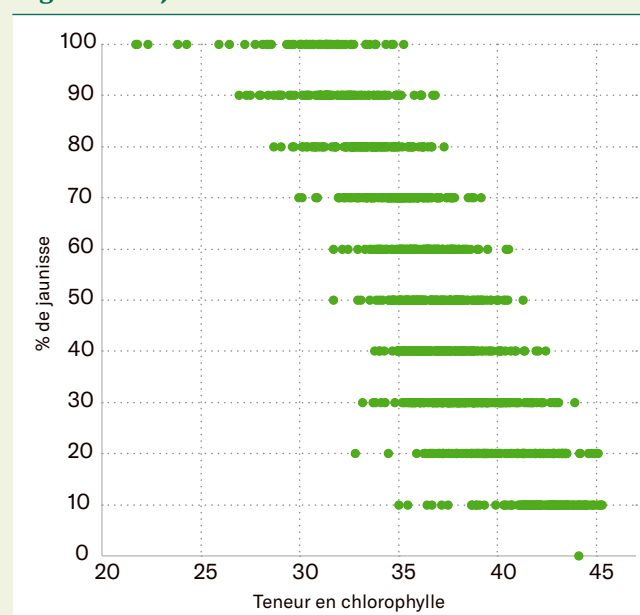
1424

c'est le nombre de lignes de données extraites pour construire le graphique de cette page.

variétaux ou les études sur la physiologie de la plante.

Les machines ont bien évolué en quelques années : les drones sont plus fiables, plus maniables et embarquent des capteurs plus précis avec une autonomie accrue. En conséquence, la mise en œuvre au champ est facilitée et chaque vol peut couvrir des plateformes expérimentales plus grandes. Un jeu de batterie assure ainsi jusqu'à 30 minutes dans les airs, suffisamment pour couvrir plusieurs centaines de micro-parcelles. En informatique aussi, l'ITB a gagné en ergonomie et en fiabilité pour pouvoir analyser le volume accru de données. L'institut dispose de sa propre plateforme de traitement, modeste mais adaptée à ses besoins. À compter de la réception des photos, plusieurs heures sont tout de même nécessaires pour reconstituer l'essai dans sa globalité et analyser chaque micro-parcelle.

Relation entre estimation de chlorophylle et gravité de jaunisse



Indice de végétation « NDVI » en fausses couleurs, les feuilles de betterave se distinguent nettement du sol.

CE QU'IL FAUT RETENIR



Les drones permettent de phénotyper des plateformes entières d'essais en quelques dizaines de minutes.

Le calcul d'indices de végétation et les réseaux de neurones servent à mieux caractériser les betteraves.

L'estimateur de chlorophylle apparaît très corrélé à la notation de jaunisse.

BILAN

Teigne et charançon : quel bilan de l'année 2022 ?

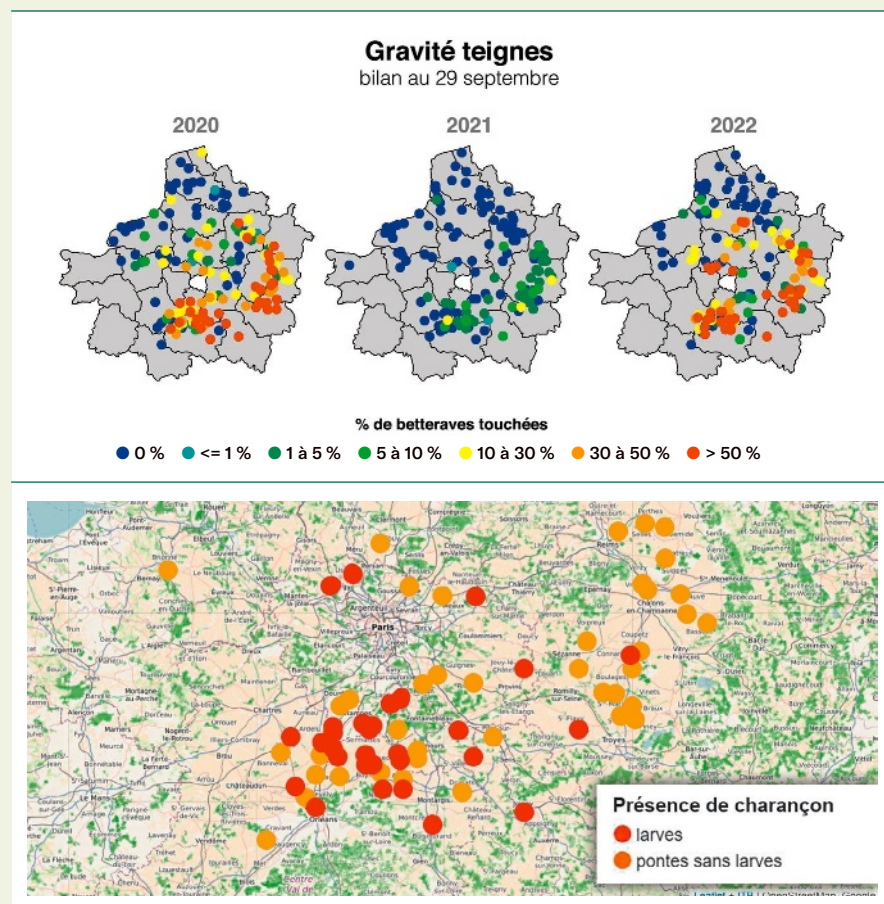
Le stress hydrique et la chaleur ont favorisé l'apparition des teignes. Le charançon est resté concentré dans les zones géographiques historiques, mais bien présent à nouveau cette année.

Comme en 2020, les années chaudes et sèches sont propices au développement des chenilles de teignes. Le Nord et la zone littorale sont restés relativement épargnés en 2022 malgré un stress hydrique sévère. Les premiers trous de pontes de charançon *Lixus juncii* sont apparus sur les betteraves mi-mai. Il n'est pas observé de lien systématique

entre pontes et les dégâts sur les betteraves à la récolte, car une partie des œufs peut avorter. Néanmoins, certaines parcelles sont actuellement très fortement impactées à la récolte. Depuis 2022, l'ITB a mis en place un outil de surveillance pour cartographier l'évolution de ce ravageur. Différents moyens de lutte sont expérimentés et présentés en page ci-contre.

➔ Présence de plantes avec dégâts frais et chenilles de teignes dans les betteraves (réseau Vigiculture©).

➔ Présence de pontes ou de larves de *Lixus juncii* en 2022 (réseau Vigiculture©).



RÉSULTAT D'EXPÉRIMENTATION

Essais de lutte contre la teigne en 2022

De nombreuses parcelles de betteraves en état de stress hydrique ont engendré un développement de ce parasite. Dans ces situations, des interventions étaient nécessaires.

Deux essais de l'ITB, effectués dans les délégations régionales de l'Aisne et de Champagne-Yonne, ont permis de comparer les efficacités des produits contre la teigne. Dans les deux situations, les teignes se sont fortement développées dans les témoins non traités (plus de 80 % de plantes touchées lors de la dernière notation). Les deux essais ont été très peu touchés par le rhizopus (environ 5 % des betteraves en Champagne-Yonne et absence dans l'Aisne). Sous réserve de réaliser le traitement au seuil d'intervention, les spécialités disponibles aujourd'hui

permettent de lutter efficacement. Si le seuil est dépassé, ce sont les produits sous numéros avec de nouveaux modes d'action (homologation dans les prochaines années) qui obtiennent une efficacité satisfaisante.

Traitement réalisé au seuil d'intervention (10 % de plantes touchées) (Aisne)

Dans cet essai, le produit homologué Karaté zeon (lambda-cyhalothrine) a obtenu une bonne efficacité. L'ajout de l'adjuvant Sticman n'a pas amélioré la performance. Les résultats de l'autre spécialité homologuée,

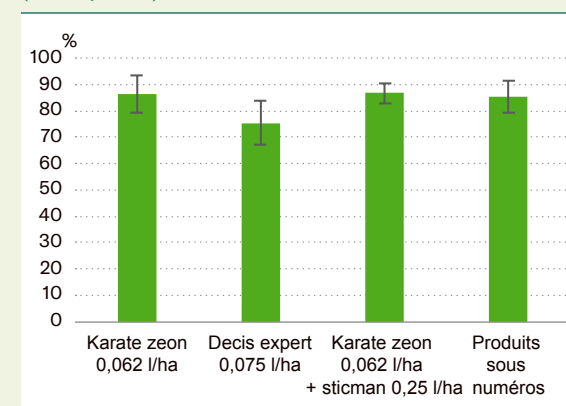
Decis expert (deltaméthrine), sont inférieurs au Karaté zeon. Dans les conditions de cet essai, les résultats des produits sous numéros en une ou deux applications sont proches des produits aujourd'hui homologués, réalisés en 2 applications.

Traitement réalisé avec 40 % de plantes touchées (seuil dépassé) (Champagne-Yonne)

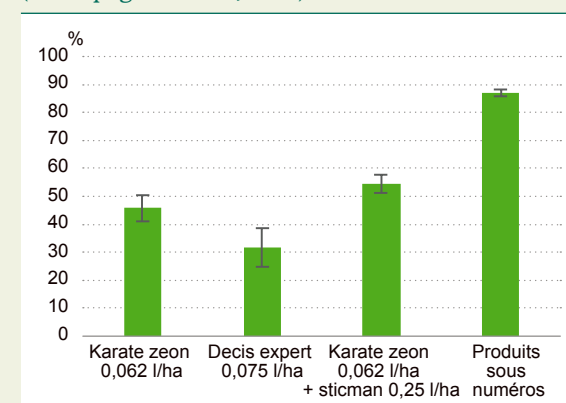
Dans cette situation, l'efficacité du Karaté zeon est moindre (entre 40 et 50 %). L'ajout de l'adjuvant Sticman permet d'obtenir une efficacité supérieure à 50 %. Decis expert reste en retrait. Les produits sous numéros dans cet essai obtiennent une meilleure efficacité que ceux aujourd'hui homologués. Leurs résultats sont également intéressants 20 jours après le premier traitement pour une seule application (non représenté sur le graphe).

➔ ➔ Le protocole consistait en deux traitements identiques espacés de 10 jours avec 300 litres d'eau. Dans l'Aisne, le premier traitement a été effectué lorsque le seuil de traitement a été atteint (10 % des plantes touchées avec présence de chenilles ou de dégâts frais) contre 40 % pour l'essai réalisé en Champagne-Yonne.

Efficacité des traitements contre la teigne 20 jours après le deuxième traitement (Aisne, 2022)



Efficacité des traitements contre la teigne 20 jours après le deuxième traitement (Champagne-Yonne, 2022)



RECHERCHE EN COURS

Bilan des essais de lutte contre le charançon

Depuis plusieurs années, la progression de ce ravageur, *Lixus juncii*, est minutieusement suivie par l'ITB. Cette année, un large panel d'essais a été mis en place avec un objectif double : tester différentes solutions de lutte contre ce coléoptère et améliorer la compréhension de ses dégâts et de son écologie.

ESSAIS SUR LES VARIÉTÉS

Depuis 2018, la sensibilité aux attaques de charançon est caractérisée pour plusieurs variétés de betterave. Afin de mieux comprendre les différences variétales et les mécanismes sous-jacents, Cristal Union, Tereos, la Fnams, l'Inrae de Versailles et l'ITB ont approfondi les recherches sur 8 variétés. Des échantillons de pétioles et de racines ont été prélevés sur des plantes attaquées par le ravageur, afin d'identifier des variations de profils métaboliques entre les variétés. Les échantillons sont en cours d'analyse à l'Inrae de Versailles ; les résultats seront donc présentés ultérieurement sur le site de l'ITB.

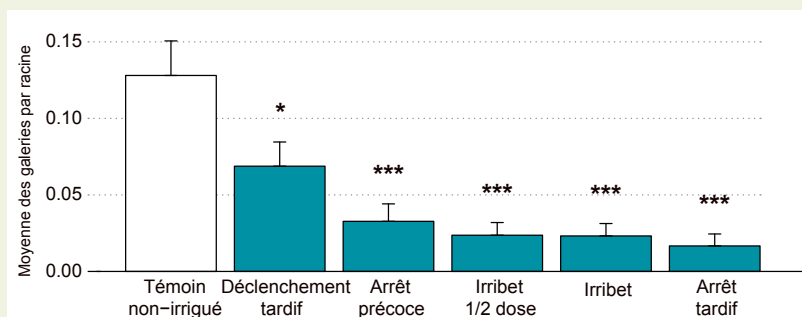
TRAITEMENTS PHYTOSANITAIRES

Plusieurs traitements sont expérimentés à l'ITB pour tenter de lutter contre les adultes charançons et ainsi éviter les dégâts causés par les larves. Les produits testés regroupent des traitements préventifs de biocontrôle, mais également des traitements insecticides conventionnels, seuls ou en combinaison. En 2022, la pression du charançon a été insuffisante dans la parcelle test pour juger de l'efficacité des produits. Sur 460 plantes suivies, seules 12 % ont été attaquées par le ravageur, toutes modalités confondues.



ESSAIS D'IRRIGATION

Depuis 3 ans, l'ITB suit les dégâts du charançon dans ses essais d'irrigation. En 2022, le nombre de galeries dans les betteraves irriguées est inférieur à celui des betteraves témoins non irriguées. Il est intéressant de noter que cette diminution est moins marquée lorsque la date de déclenchement de l'irrigation est plus tardive. L'hypothèse d'une mortalité accrue des œufs ou des larves est aujourd'hui privilégiée, bien que des observations plus fines soient nécessaires pour s'en assurer.



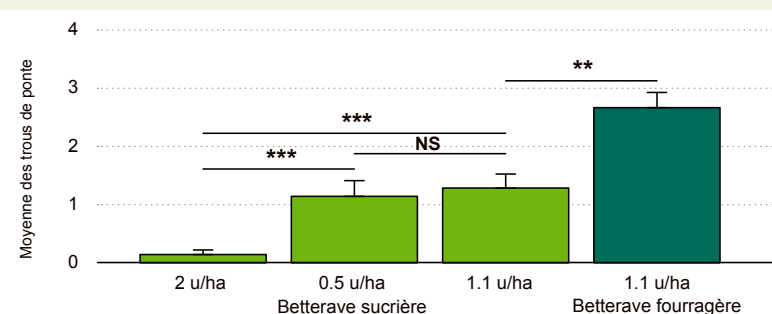
Moyenne des galeries de *Lixus juncii* dans la racine par betterave en fonction de la modalité d'irrigation. Les différences significatives entre le témoin et chacune des modalités sont indiquées par des étoiles (* : $P < 0,05$; *** : $P < 0,001$). Les barres d'erreur représentent l'erreur standard.

ESSAIS SUR LES PLANTES COMPAGNES

Deux cultures en association avec la betterave ont été étudiées lors de cette campagne : l'avoine et la féverole. Dans l'une des parcelles, très fortement infestée par le charançon, toutes les betteraves sont touchées avec un nombre de galeries similaire avec ou sans plante compagne. En revanche, dans une autre parcelle, moins infestée, les betteraves seules subissent davantage les attaques du ravageur, qu'il s'agisse du pourcentage de plantes touchées ou du nombre de trous de ponte dans les pétioles. De nouveaux essais à plus large échelle devront être menés pour confirmer ces premiers résultats.

ESSAI DENSITÉ/ PLANTES PIÈGES

Dans cet essai, 3 bandes de betteraves sucrières de densités différentes (faible : 0,5 unité/ha, moyenne : 1,1 u/ha et forte : 2 u/ha) et 1 bande de betteraves fourragères ont été testées. Qu'il s'agisse du pourcentage de plantes touchées ou du nombre de trous de ponte par plante, ce sont les betteraves fourragères qui ont été les plus ciblées par le charançon, avec 100 % des plantes attaquées. Les betteraves sucrières à moyenne et faible densité ont été moyennement touchées tandis que celles à forte densité ont peu subi d'attaques. Cependant, malgré un nombre conséquent de trous de pontes relevés (110 au total répartis sur 51 plantes), le nombre de galeries dans les racines de ces mêmes betteraves s'est avéré très faible (4 au total) et ce, quels que soient la densité et le type de betterave. Cette différence est liée à une forte mortalité des œufs et/ou des larves dans les pétioles bien que les causes soient encore en grande partie inconnues.



Moyenne des trous de ponte de *Lixus juncii* par betterave en fonction de la densité et du type de betterave (● betterave sucrière ● betterave fourragère). Les différences significatives entre deux moyennes sont indiquées par des étoiles (** : $P < 0,01$; *** : $P < 0,001$; NS : Non Significatif). Les barres d'erreur représentent l'erreur standard.

INNOVATION

Retour sur la première année de test du robot FarmDroid

Cette année, en collaboration avec la chambre d'Agriculture de Seine-et-Marne et la région Île-de-France, l'ITB s'est doté d'un robot FarmDroid FD 20, commercialisé par Stecomat. Ce robot sème (6 rangs de betteraves en 45 ou en 50 cm d'écartement) et bine les betteraves de manière autonome, grâce à une géolocalisation de chaque graine par GPS RTK. Il pèse 800 kg et évolue à 950 m/h maximum, tel qu'imposé par la législation française. Il peut fonctionner 24h/24 en rechargeant ses batteries à l'aide de ses panneaux solaires, ce qui lui permet de travailler 4 à 5 hectares par jour. Avant le semis, les bords de la parcelle sont délimités et enregistrés dans le robot, puis celui-ci sème une surface maximale de 20 ha. Lors de cette étape, le robot apporte de nombreuses possibilités de réglages, comme l'écartement entre graines sur le rang ainsi que la profondeur de semis.

Binage intégral de l'inter et l'intra-rang

Ensuite, les éléments de semis sont remplacés par les éléments de binage permettant de travailler dans l'inter-rang et sur l'intra-rang. L'objectif du premier désherbage consiste à passer 4-5 jours après le semis, avant la levée des betteraves, afin de biner l'inter-rang

via un cœur travaillant légèrement sous la surface du sol. Lorsque les premières betteraves lèvent, grâce à la géolocalisation GPS, les couteaux bineurs sur le rang s'escamotent à l'approche de la betterave. Entre deux betteraves, le couteau revient sur le rang. Le binage se fait ainsi au plus près de la betterave. Il faut donc trouver le compromis entre « efficacité et précision de désherbage », en fonction du stade des betteraves et de la préparation de sol. Les passages répétés permettent d'éliminer les adventices au stade fil blanc. Tout l'intérêt de cette technologie de désherbage réside dans les bons réglages des couteaux sur le rang puisque ces derniers doivent être configurés en prenant en compte la croissance des betteraves. Ce réglage ou intervalle non biné autour des betteraves est paramétré avant chaque utilisation par l'opérateur. De plus, la préparation de sol doit être la plus fine possible et sans passage de roue de tracteur, avant et entre les passages de robot, pour garantir une surface de sol la plus plane possible.

L'expérimentation de l'ITB menée sur 1 hectare a permis de faire travailler le robot pendant trente heures, soit 6 passages de 5 heures du semis au stade 12 feuilles, à raison d'une intervention tous les 10 jours en moyenne. La préparation motteuse associée à un

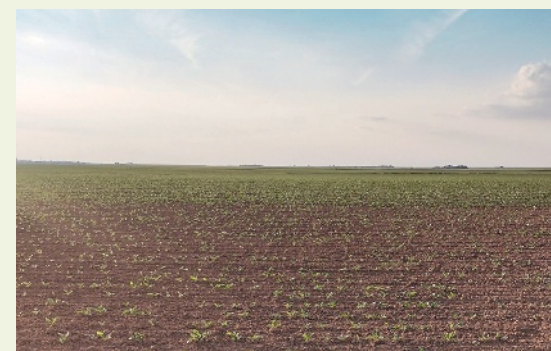
Les betteraves sont alignées sur le rang et en perpendiculaire des rangs.

Vue du robot au semis.

CHIFFRE CLÉ

20 ha
de betteraves par robot.

réglage trop agressif des couteux au stade 2 feuilles naissantes des betteraves ont occasionné une perte de population en ne laissant que 65 000 pieds/ha. Néanmoins, malgré la faible population, les désherbages mécaniques répétés ont maintenu la parcelle propre, notamment sur les rangs des betteraves. Ce robot sera présent à Désherb'Avenir les 16 et 17 mai 2023 à Santeau - Hameau de La Brosse, dans le Loiret.



Photos : ITB

Désherb'Avenir

16 et 17 mai 2023
Santeau - Hameau de La Brosse (45)

- Des démonstrations dynamiques de matériels
- Une comparaison des différentes stratégies
- Un espace robotique pour imaginer le désherbage de demain
- Une zone réservée à la production de betteraves biologiques

Plus d'information :

desherbavenir.fr

[f](https://www.facebook.com/ITBetterave) [i](https://www.instagram.com/ITBetterave) [y](https://www.youtube.com/ITBetterave) [in](https://www.linkedin.com/company/ITBetterave) @ITBetterave

Un événement

ITB
Institut Technique
de la Betterave