

BILAN

Développement des betteraves au printemps

L'implantation de la betterave s'est faite dans des conditions satisfaisantes en 2019.

Les vitesses de développement sont très proches de la moyenne des cinq dernières années.

Semis regroupés fin mars et levées rapides

Au niveau national, la date de semis médiane est le 28 mars, comparable à la moyenne des cinq dernières années. Les températures du printemps sont normales voire légèrement supérieures mais elles sont très contrastées avec un mois d'avril chaud suivi de températures inférieures à la normale au mois de mai. Les levées ont été rapides, atteintes pour une somme de température de 144 ° jours en moyenne après le semis. Cela correspond à 15,5 jours en 2019 entre le semis et la levée (figure 1).

Installation de la culture

La vitesse de développement foliaire au printemps est également normale (figure 2). Au niveau national, la dynamique du taux de couverture est très proche de la moyenne des cinq dernières années. Certaines régions sont cependant marquées par un retard. Le Centre accuse un retard de 7 jours par rapport à la moyenne des cinq ans, qui n'a pas été

CHIFFRE CLÉ

28 mars

date médiane des semis en 2019.

rattrapé à la couverture. Dans cette région, les levées ont été pénalisées par le sec, obligeant certains agriculteurs à irriguer.

Betteraves montées : veillez à les supprimer

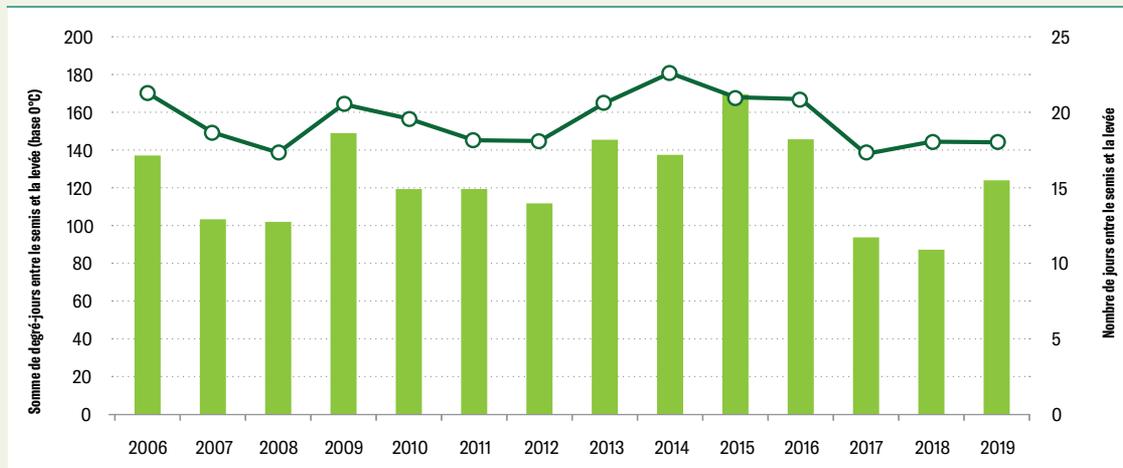
Les premières betteraves montées ont été observées début juin. Ce sont soit des plantes adventices, soit des montées issues de pollutions au moment de la production des semences. Elles sont alors situées sur le rang des betteraves. Dans tous les cas, il est important de les éliminer. Une montée laissée produira 18 plantes adventices à la prochaine rotation !

OBSERVATOIRE DES RAVAGEURS

Depuis le 1^{er} septembre 2018, les néonicotinoïdes sont interdits en France. Le seul insecticide présent dans l'enrobage des semences de 2019 est la téfluthrine, un produit de la famille des pyréthrianoïdes. A la dose de 8 g/unité de semence, il a permis de contrôler efficacement les ravageurs souterrains. L'observatoire Vigibet mis en place par l'ITB depuis neuf ans permet d'évaluer la pression des ravageurs, en l'absence de toute protection insecticide, sans traitement de semences ni application foliaire. Chaque année nous montre à quel point les bioagresseurs du printemps sont présents. Des ravageurs souterrains ont été observés cette année dans 26 % des sites, soit 3 % de plus

que la moyenne de 2010 à 2019. Quant aux ravageurs aériens, les pucerons noirs ont été observés dans 51 % des sites, et les pucerons verts dans 48 % des sites, soit 18 % de plus que la moyenne pluriannuelle en cette première année sans néonicotinoïdes. 2019 est également marquée par une pression inhabituelle des altises qui ont touché 41 % des sites (la plus haute fréquence enregistrée jusque-là était 22 % en 2012), ainsi que des collemboles, observés dans 18 % des sites (toutefois inférieure à l'année 2011 qui enregistrait 47 % de sites touchés). Tous ces ravageurs ont entraîné un ralentissement de la végétation perceptible dans de nombreuses parcelles.

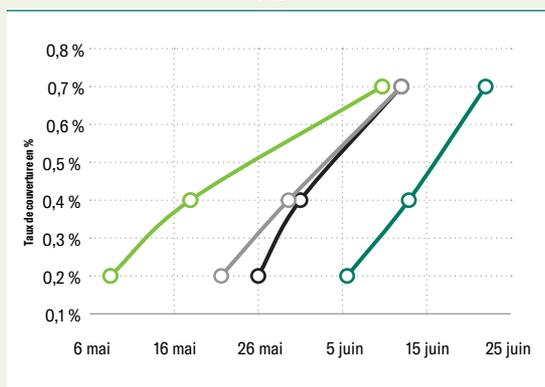
Vitesse de levée (figure 1)



● Temps thermique entre le semis et la levée ● Nombre de jours entre le semis et la levée

Synthèse de tous les essais variétés conduits par l'ITB de 2006 à 2019.

Vitesse de couverture foliaire au printemps à l'échelle nationale (figure 2)



● Année la plus précoce (2011) ● Moyenne 5 ans ● 2019 ● Année la plus tardive (2013)

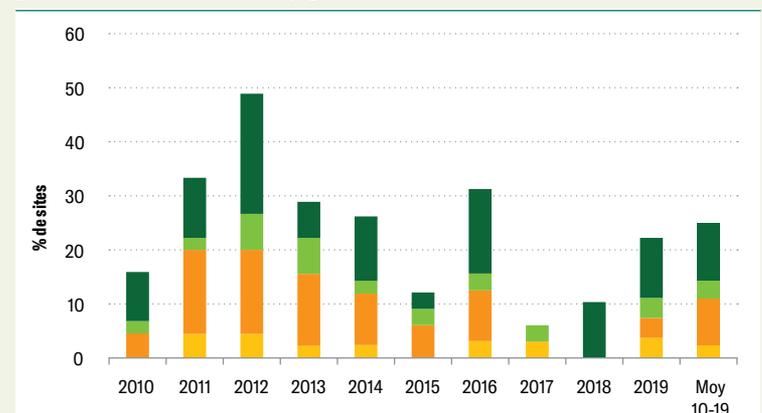
L'année 2019 est proche de la moyenne.

Dates pour atteindre 70 % de couverture foliaire (figure 3)



Source : délégations ITB.

Pression des ravageurs souterrains en l'absence de toute protection insecticide (figure 4)



Source : Observatoire VIGIBET (ITB).

● % de sites avec taupins ● % de sites avec tipules ● % de sites avec blanules ● % de site avec atomaires

RÉSULTATS D'EXPÉRIMENTATIONS

Qualité de levées des variétés

La qualité de levée conditionne la productivité finale des betteraves. Toutes les variétés expérimentées en 2019 montrent des résultats satisfaisants. Le détail est présenté dans cette synthèse.

Les tableaux des figures 1 à 3 présentent les résultats moyens obtenus sur l'ensemble des essais variétés. Deux indicateurs sont pris en compte :

- **La population finale de betteraves levées.** Les résultats présentés sont issus d'un regroupement des essais ITB et SAS (Services Agronomiques de Sucreries) : 28 essais pour les variétés tolérantes à la rhizomanie, 21 essais pour les variétés tolérantes à la rhizomanie et aux nématodes et 10 essais

pour les variétés tolérantes à la rhizomanie et au rhizoctone brun.

- **La qualité de levée** est un critère qui intègre la vitesse de levée et la population finale. Il est calculé dans les essais ITB à partir de quatre comptages successifs des plantes au cours de la levée jusqu'à atteindre la population finale. La qualité de levée est l'aire sous la cinétique de levée. Pour les différents types variétaux cités plus haut, le nombre d'essais regroupés est respectivement de 14, 13 puis 5 essais.

La qualité de levée conditionne le développement foliaire

Des images drones sont acquises sur les essais variétés tout au long du cycle cultural. Un des critères mesuré à partir de ces images est le taux de couverture au printemps. Ces mesures permettent

de démontrer l'importance de soigner l'implantation de la betterave et de choisir une variété performante vis-à-vis de la qualité de levée. En effet, développement végétatif et qualité de levée sont corrélés (figure 4).



© ITB

Qualité de levée des variétés Rhizomanie (figure 1)

	Variétés	Qualité de levée	Population finale (plante/ha)
Variétés confirmées (2 ans et plus)	AUCKLAND	65	112 709
	AUROCH	65	110 492
	BALZANE	65	112 940
	BTS6125	65	112 782
	BTS7845	65	111 781
	CELCIUS	65	112 655
	CHAMOIS	65	111 661
	CHLOELIA KWS	65	111 500
	CURIE	64	112 149
	ECUREUIL	64	111 501
	ELLEA KWS	64	111 784
	EPERVIER	63	111 635
	EQUATEUR	63	110 315
	FD CHELEM	63	110 712
	FD DROP	63	110 730
	FD JAVELLOT	63	110 729
	FD SURF	63	111 981
	FRISBEE	63	112 137
	LANDON	63	110 369
	LAREINA KWS	63	111 519
	LIBELLULE	63	110 009
	LINOTTE	63	112 285
	ORIGAN	62	110 053
	PLATINA KWS	62	111 857
	RAISON	62	111 242
	RUMBA	61	110 476
	STANLEY	61	110 080
	TELLIA KWS	61	107 812
TISSERIN	60	109 588	
VULCANIA KWS	60	106 615	
1 ^{re} année d'espèces	FRISON	68	112 796
	BTS2045	66	112 995
	CALLEDIA KWS	66	112 030
	COMPETITA KWS	65	111 851
	GISELLINA KWS	65	112 089
	JOCKO	65	112 513
	TRECK	65	113 217
	GOELETTE	64	111 762
	SQUALE	64	112 105
	CASTOR	63	109 124
	COUPERIN	63	108 702
	BTS1760	62	107 630
	DICKENS	62	110 450
	JELLERA KWS	62	107 854
	DANDRIEU	60	103 672

Qualité de levée des variétés Rhizomanie-Nématodes (figure 2)

	Variétés	Qualité de levée	Population finale (plante/ha)
Variétés confirmées (2 ans et plus)	BTS7640N	67	112 591
	LOUISA KWS	66	113 179
	MILLENIA KWS	66	113 551
	PAPRIKA	66	112 042
	VIENNETA KWS	66	112 917
	CHARCOT	65	111 843
	EUCALYPTUS	65	112 187
	FD KUNG FU	65	113 782
	ANNABELLA KWS	64	110 194
	ATHENEA	64	111 352
	BTS890	64	110 055
	CYPRES	64	112 565
	EGLANTIER	64	112 374
	LUNELLA KWS	64	110 933
BTS 1975 N	61	109 744	
Variétés nouvelles	KAYAK	68	113 820
	CAMELIA	67	114 990
	CARDAMONE	67	113 129
	NINA KWS	67	112 793
	BTS7300N	66	113 026
	CITRUS	66	112 552
	LUCIA KWS	66	112 699
	MYRTILLE	66	113 150
BOILEAU	64	109 430	
FD SHOOT	61	108 484	

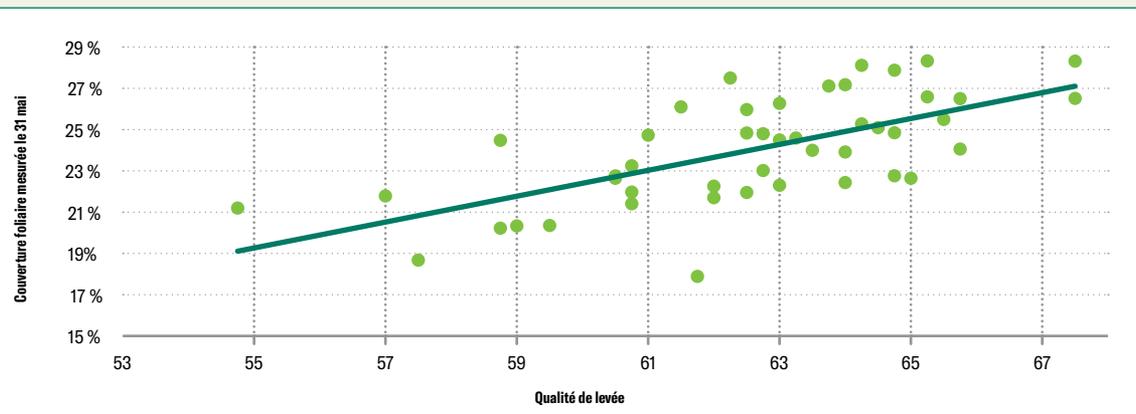
Qualité de levée des variétés Rhizomanie-Rhizoctone brun (figure 3)

	Variétés	Qualité de levée	Population finale (plante/ha)
Variétés confirmées (2 ans et plus)	MYRIA KWS	64	107 581
	BTS 600RHC	63	107 018
	ISABELLA KWS	63	107 817
	NAUTILE	63	107 672
	RAINETTE	63	108 292
	BERLIOZ	62	106 818
	RIVOLTA	62	106 049
	FD WINCH	61	106 947
	OKAPI	61	107 493
	Variétés nouvelles	8K885	68
NAVAJO		65	109 407
B8164		64	105 563
FDOUTSIDER	63	110 260	

CE QU'IL FAUT RETENIR

- La qualité de levée des variétés est très satisfaisante en 2019.
- Le développement des betteraves au printemps est corrélé à la qualité de levée.

Relation entre qualité de levée et développement végétatif (figure 4)



Résultat obtenu sur un essai variété conduit en 2019. Chaque point représente une des 46 variétés rhizomanie testées. Pour une même date, la couverture foliaire peut varier de 18 % à près de 29 % selon les variétés.

Hétérogénéité entre plantes

Depuis 2018, l'ITB a mis au point une méthode pour caractériser l'hétérogénéité de développement entre plantes. C'est un nouveau critère variétal important pour faciliter le désherbage et la récolte. Il est mesuré à partir d'images drone.

Au sein de chaque micro-parcelle d'essais, les plantes sont individualisées automatiquement par des procédés d'intelligence artificielle. Puis la surface foliaire projetée de chaque plante est calculée.

Les étapes du traitement

L'entraînement de la machine (ici des réseaux de neurones) se fait en lui présentant à la fois une photo et le résultat attendu. Cette étape a été réalisée sur un échantillon d'images acquises en 2018 et en 2019. Ainsi, l'ordinateur « apprend » à repérer le bouquet foliaire des betteraves sur les images.

Puis, une seconde étape de traitement consiste à éliminer (toujours

automatiquement) les détections qui se chevauchent, et les objets qui sont hors des rangs. L'algorithme repère ainsi chaque plante avec un taux de réussite moyen de 97 %.

A partir des coordonnées des centres de chaque betterave et des contours des bouquets foliaires, d'autres algorithmes vont calculer les variables qui nous intéressent : comptages, distance entre plantes, surface individuelle de chaque plante. Pour cela, l'algorithme reconnaît automatiquement tous les pixels verts. La détection des plantes fonctionne bien pour les stades de betteraves compris entre 4 et 8 feuilles. Avant 4 feuilles, les plantes sont trop petites pour permettre une reconnaissance fiable.

CHIFFRES CLÉS

97%

taux de détection des plantes individuelles.

4 à 8 feuilles

c'est le stade idéal pour réaliser la mesure d'homogénéité entre plantes.

1 Acquisition d'images par drone pour la mise au point de nouvelles méthodes de phénotypage.

2 L'algorithme reconnaît chaque plante d'une micro-parcelle correspondant à 3 rangs d'une même variété.

3 Variété hétérogène avec un coefficient de variation élevé.

4 Variété homogène avec un coefficient de variation faible.

Après 8 feuilles, les plantes peuvent commencer à se chevaucher entre elles.

Un nouveau critère de choix variétal

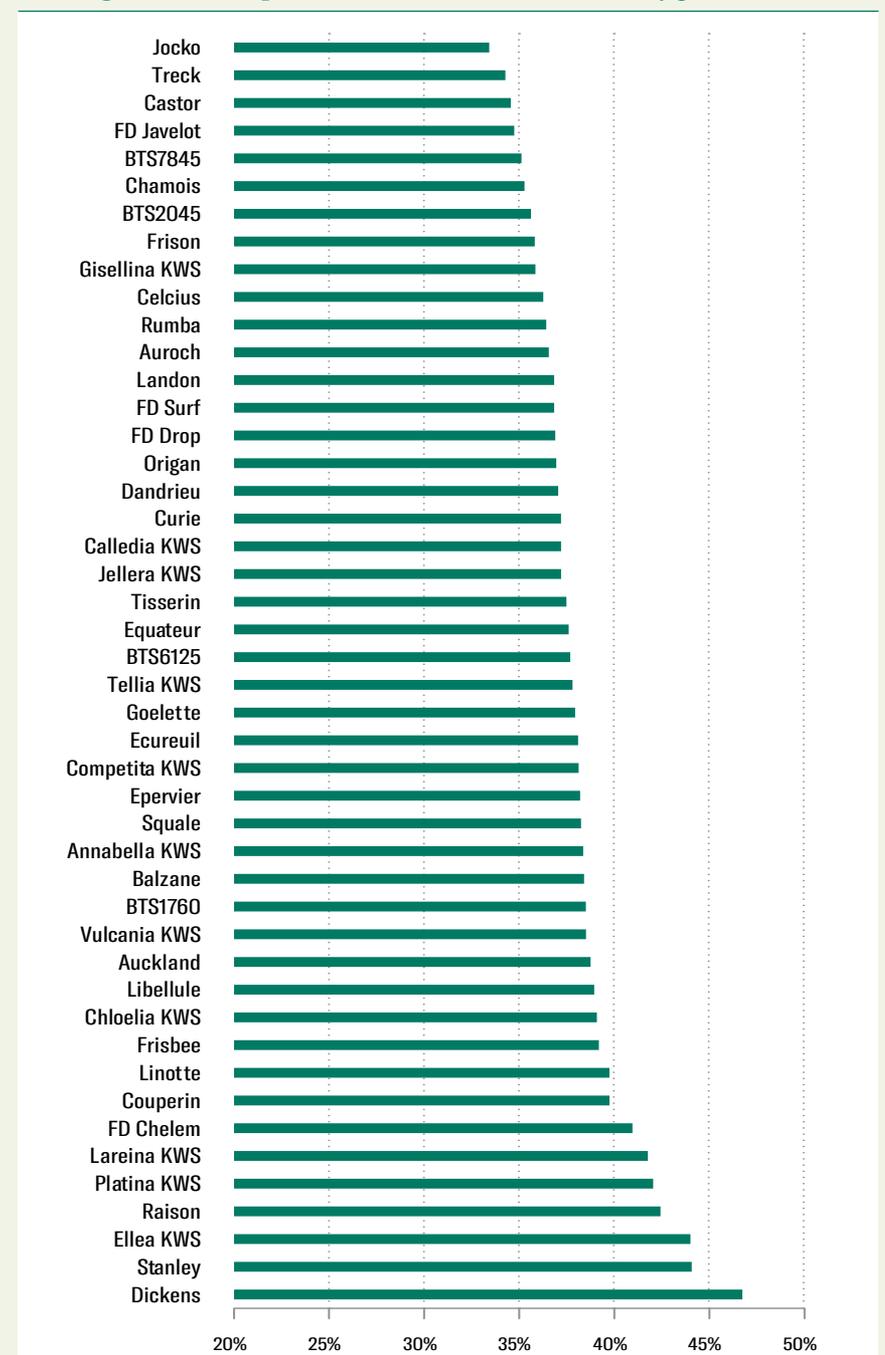
Cette technique permet de rendre compte de l'hétérogénéité entre plantes pour les différentes variétés expérimentées. On mesure alors un coefficient de variation au sein de chaque variété qui est une mesure relative de la dispersion des données autour de la moyenne. Il correspond donc à une estimation de l'hétérogénéité du peuplement. Plus la valeur du coefficient de variation est élevée, plus la dispersion autour de la moyenne est grande (photos 3 et 4). Les résultats d'hétérogénéité des variétés tolérantes à la rhizomanie testées en 2019 sont présentés dans la figure 1.

CE QU'IL FAUT RETENIR



- **Les nouveaux outils** de traitement d'image permettent des mesures à l'échelle des plantes individuelles.
- **L'hétérogénéité entre plantes** est un nouveau critère pour caractériser les variétés.
- **Pour mettre au point ces méthodes**, l'ITB a travaillé en collaboration avec ses partenaires de l'Unité Mixte Technologique CAPTE regroupant l'Inra et de nombreux instituts techniques.

Hétérogénéité entre plantes des variétés Rhizomanie (figure 1)



L'hétérogénéité entre plantes est mesurée par le coefficient de variation (dispersion des valeurs individuelles de surfaces foliaires autour de la moyenne). Plus le coefficient de variation est élevé, plus les plantes sont hétérogènes au sein d'une même variété. Regroupement de 4 essais.



1



2



3



4

© Photos: ITB

INNOVATION

BettyBot prend l'air !

Le robot de phénotypage du projet Phénaufol débute ses premières acquisitions au champ.

Un bras robotisé, pour quoi faire ?

Distinguer les premiers symptômes de maladies n'est pas toujours chose facile. De même, mesurer la surface nécrosée sur les feuilles afin de comparer précisément la tolérance des variétés peut se révéler long et fastidieux. Chaque année, ce sont plus de 80 variétés qui sont testées dans le réseau d'essais des variétés commerciales et une centaine pour les variétés candidates à l'inscription au catalogue français. La robotisation a pour but d'automatiser le phénotypage (mesure des caractéristiques visibles) des maladies foliaires et de le rendre plus rapide. L'atout du bras articulé est sa capacité à venir prendre des photos au plus près de la végétation jusqu'au milieu

CE QU'IL FAUT RETENIR



Ce projet bénéficie du concours financier du ministère en charge de l'agriculture, dans le cadre du CASDAR RT n° 1605.

A retenir :

- BettyBot est un robot complexe pour la quantification automatisée des maladies
- A partir de 2020, le projet Phénaufol permettra de mieux évaluer la tolérance des variétés.

1 Détection des feuilles de betterave par deep learning.

2 BettyBot au champ.

3 Le bras articulé de BettyBot, capable de se contorsionner pour prendre en photo les betteraves.

4 Capteur connecté fixe pour quantifier en temps réel la présence de maladies. Illustration avec le capteur Beecam, testé en 2019 à l'ITB.

des parcelles d'essai. Les images acquises sont traitées dans le même temps pour évaluer les maladies présentes ainsi que leur importance.

Phénaufol, un projet de recherche ambitieux

Automatiser la quantification des symptômes va permettre d'avoir davantage de données sur les maladies, les variétés, et les produits de traitement utilisés. Ces mesures seront toujours réalisées selon la même méthodologie, ce qui permettra de conclure avec davantage de certitude sur la différence entre deux modalités. Parmi toutes les utilisations envisageables, il y a l'objectif de continuer à proposer les meilleurs conseils en fonction de la tolérance des variétés et de l'évolution des conditions climatiques. Ces chiffres permettront aussi de guider plus précisément la sélection génétique sur la tolérance variétale aux maladies.

La mise au point de BettyBot

Le robot est issu du travail combiné de trois partenaires : l'IRSTEA, l'ITB et l'UMR Agroécologie. L'IRSTEA réalise les algorithmes de pilotage automatique de la partie robotique. L'UMR Agroécologie accompagne l'ITB dans la mise au point des méthodes de détection et de quantification des maladies. Enfin l'ITB coordonne les différentes actions et organise les essais au champ pour s'assurer du fonctionnement conforme de l'outil. Les déplacements du robot doivent lui permettre d'échantillonner rapidement et efficacement la pression de maladie de la micro parcelle. Dans un premier temps la caméra survolera les rangs centraux à une hauteur assez élevée pour photographier l'ensemble du couvert. Une détection succincte de la présence de maladies sera ensuite réalisée sur les images extraites. Le bras articulé s'abaissera ensuite pour vérifier précisément quelle maladie est présente sur les feuilles suspectes. De ces traitements, l'expérimentateur obtiendra une mesure de la fréquence de feuilles touchées. Lors de l'analyse de chaque feuille, d'autres algorithmes évalueront la surface nécrosée même en cas d'infestation par un complexe de maladies. Cette valeur

de gravité permettra de différencier les variétés sur leur capacité à résister à des degrés plus ou moins élevés d'infestation.

Le robot sort du labo

BettyBot avait seulement connu pour l'instant les laboratoires et le SIMA où il s'exerçait sur des betteraves en pot et des plantes artificielles. 2019 est la première année du projet Phénaufol consacrée à des acquisitions dans les essais de l'ITB. Pour l'occasion, le bras a été attelé sur le micro tracteur de l'Institut. Cette étape cruciale permettra de vérifier les différents algorithmes de guidage et de mesure dans des conditions réelles. Après juin 2020, date de fin du projet, BettyBot partira phénotyper les essais de l'ITB si les tests sont concluants. Les connaissances acquises pendant ces 42 mois seront également valorisées dans de nouveaux projets : suivi de la dynamique des maladies par capteurs connectés, modèles épidémiologiques, ...

Le premier d'une grande famille

L'utilité d'une quantification automatique et précise des maladies ne se restreint pas au classement variétal par robot. La chaîne de traitement pourra aussi être intégrée à des dispositifs de phénotypage plus légers, portatifs ou fixes (*photo 4*), pour comparer des efficacités de produits ou automatiser une partie des notations maladies du réseau de Suivi Biologique du Territoire.

« L'atout du bras articulé est sa capacité à venir prendre des photos au plus près de la végétation »

