

CONSEIL DE SAISON

Raisonner et adapter le désherbage pour 2021

Le désherbage de la betterave est une opération qui nécessite une grande attention, afin de limiter le développement des adventices à un moment où la culture est peu concurrentielle. Il nécessite du temps d'observation pour effectuer les bons choix de produits. Voici les principaux conseils de l'ITB. La lutte contre les graminées est évoquée en page suivante.

En 2020, le désherbage des betteraves a été satisfaisant dans 77 % des parcelles (source : enquête annuelle ITB). Il a été rendu difficile par des doubles levées dans de nombreuses parcelles et par des conditions climatiques sèches. En définitive, ce bilan est moins bon que celui des cinq dernières années. Toute intervention réalisée tout au long de la rotation, dans la culture précédente ou pendant l'interculture, peut permettre d'alléger les interventions nécessaires.

1^{re} étape : la connaissance et l'observation des parcelles

Afin d'améliorer l'efficacité du désherbage, de réduire les coûts et de répondre aux attentes sociétales, il est nécessaire de : connaître précisément la flore adventice présente dans la parcelle, ce qui permettra de décider de la nécessité d'un traitement de pré-émergence, en particulier en cas de fortes infestations d'ombellifères, observer les parcelles au cours de la croissance des

Essai de désherbage ITB dans le département de la Somme.



CHIFFRE CLÉ

2 matières actives

ne sont plus autorisées en 2021 en désherbage des betteraves : desméthiphame et chloridazone.

betteraves, afin d'adapter le programme de désherbage en fonction des adventices présentes. La première intervention doit être effectuée deux à trois semaines après le semis sur adventices, au stade cotylédons.

Cette première étape est essentielle puisqu'elle consiste à identifier les adventices présentes dans les parcelles, afin de faire le choix des bons produits qui contrôleront la flore.

2^e étape : l'identification des matières actives utiles et la construction d'un mélange simplifié

L'ITB a mis au point le tableau n°1 : « *Quelle matière active pour quelle adventice ?* » afin de composer un programme de post-émergence herbicides.

Une fois les adventices identifiées, l'objectif est de choisir uniquement les matières actives efficaces pour contrôler la flore. Le tableau n°1 présente l'efficacité des herbicides pour raisonner au mieux le choix des produits et construire le programme de désherbage. Un programme doit combiner différents modes d'action, foliaires et racinaires ; le tableau permet d'identifier les superpositions entre produits dans le but de limiter le nombre de produits utilisés.

Lors de conditions sèches, il est important d'associer des produits moins dépendants des conditions climatiques comme le triflusaluron-méthyle (Safari,...) ou la clomazone (Centium 36 CS,...).

3^e étape : le choix des doses en fonction du stade des adventices

Les traitements de pré-émergence ne sont pas, dans une grande majorité des cas, nécessaires ; ils doivent être réservés uniquement aux parcelles fortement infestées d'ombellifères pour lesquelles →

Quelle matière active pour quelle adventice (post émergence) ? (tableau 1)

Quelle matière active pour quelle adventice ?

Matières actives	Exemple de spécialités	Dose homologuée par cycle cultural	Amarante	Ammi Majus	Atriplex	Chénopode	Colza	Ethuse	Fumeterre	Gaillet	Matricaire	Mercuziale	Mouelle	Mouron blanc	P.S.D	Pensée	Ren. oiseau	Ren. persicaire	Ren. lieron	Ravenelle	Sanve	Véronique fol
Phenmediphame 160 g/l (PMP)	Fasnet SC, Bettapham ...	6 l/ha	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Ethofumesate 500 g/l (ETHO)	Tramat F	2 l/ha	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Métamitron 70 % (METAM)	Goltix 70UD	4 kg/ha	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Lénacile 500 g/l (LEN)	Venzar SC ⁽¹⁾	1 l/ha	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Triflusaluron méthyl 50 % (TRI)	Safari	0,12 kg/ha	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Clomazone 360 g/l	Centium 36CS	0,2 l/ha	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Dimethenamid-P 720 g/l	Isard	1 l/ha	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
S-Metolachlor 960 g/l	Mercantor Gold	0,6 l/ha	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

⁽¹⁾ ou Venzar, Varape : lénacile 80 %, 0,624 kg/ha par cycle cultural

Efficacité des produits associant plusieurs matières actives par adventice

Spécialités à plusieurs voies		Dose	Amarante	Ammi Majus	Atriplex	Chénopode	Colza	Ethuse	Fumeterre	Gaillet	Matricaire	Mercuziale	Mouelle	Mouron blanc	P.S.D	Pensée	Ren. oiseau	Ren. persicaire	Ren. lieron	Ravenelle	Sanve	Véronique fol
ETHO, METAM	Goltix Duo	6 l/ha ⁽²⁾	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
TRI, LEN	Safari DuoActive	0,63 kg/ha	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
PMP, ETHO	Belvédère Duo	5 l/ha	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

⁽²⁾ 3 l/ha en pré

Efficacité très satisfaisante	■	Efficacité faible	■
Efficacité satisfaisante	■	Efficacité insuffisante	■
Efficacité irrégulière	■	En cours de référencement	■

COMMENT LIRE CE TABLEAU ?

Ce tableau présente les matières actives efficaces pour lutter contre la flore adventice mais également celles qui sont inefficaces. Le code couleur permet une lecture simple et rapide afin de choisir les produits à utiliser pour composer le programme herbicide. Les couleurs vertes représentent les produits qui seront efficaces et très efficaces. Les couleurs orange et rouge représentent des produits qui seront inefficaces. La couleur verte/jaune représente des produits qui ont eu des efficacités irrégulières pendant ces dernières années d'expérimentation.

RÉGLEMENTATION

Les produits à base de desméthiphame et de chloridazone sont désormais PPNU (Produits Phytosanitaires Non Utilisables).

le contrôle en post-émergence repose sur un choix de produits limité. L'intervention est à réaliser avant la levée des adventices, et juste après le semis (48 heures maximum) pour ne pas perturber la levée. Ces parcelles (forte infestation d'éthuses ou d'Ammi majus) requièrent une application de Kezuro (métamitron et quinmérac) à 3,5 l/ha ou une application de Kezuro 1,6 l/ha en pré-émergence complété par Okido (quinmérac et diméthénamid-P) 0,8 l/ha en plusieurs applications dans le programme de post émergence (0,3 l/ha avant 2 feuilles et 0,5 l/ha avant 8 feuilles pour le respect de la réglementation).

Dans les autres situations, les applications de post-émergence permettent la gestion des adventices.

En post-levée, une fois les produits choisis, il est primordial d'adapter la dose en fonction du stade des adventices (voir tableau 2) et des conditions climatiques. L'objectif est d'intervenir sur des adventices au stade point vert à cotylédons. Il est également nécessaire d'ajouter au mélange herbicide 0,5 l/ha à 1 l/ha d'huile. Le désherbage démarre 2-3 semaines après le semis sur adventices

au stade cotylédons et se termine à 70 % de couverture des betteraves. La principale cause d'un désherbage insuffisant est souvent due à un arrêt trop précoce des traitements de post-émergence avant que la culture n'atteigne ce stade.

Pour les produits racinaires, la meilleure efficacité est obtenue si l'application se fait sur sol humide ou si elle est suivie de précipitations dans les jours suivants.

Si, comme en 2020, des conditions sèches lors du désherbage sont observées, l'augmentation des produits de contact, le maintien de doses repères de produits racinaires et l'augmentation de la dose d'huile à 1 l/ha seront à appliquer.

CHIFFRE CLÉ

1 litre

d'huile conseillé en mélange avec des produits extemporanés contre les adventices dicotylédones.

4^e étape : intégrer le désherbage mécanique autant que possible

Le désherbage mécanique complémentaire au désherbage chimique permet de diminuer les quantités d'herbicides chimiques et de garantir la propreté des parcelles, lorsque les conditions météorologiques sont favorables. Il doit être systématiquement intégré dans la stratégie de désherbage, dès que les conditions le permettent.

Adapter la dose de produit/ha/passage en fonction du stade des adventices (tableau 2)

Stade des adventices les fourchettes de doses correspondent aux stades des adventices	Fasnet SC Bettapham 1	Trama F 2	Goltix UD 3	Venzar SC* 4	Safari 5	Goltix Duo 6	Mercantor Gold 7	Isard 8	Centium 36CS 9	Safari DuoActive 10
Point vert - cotylédons étalés	0,6 - 0,8 l/ha	0,15 l/ha	0,3-0,5 kg/ha	0,16 l/ha	0,015-0,020 kg/ha	0,8 l/ha	0,2-0,3 l/ha	0,2-0,3 l/ha	0,035 l/ha	0,105-0,145 kg/ha
2 feuilles naissantes à 2 feuilles vraies	1-1,5 l/ha	0,2-0,3 l/ha	0,5-0,7 kg/ha	0,16 l/ha	0,020-0,030 kg/ha	1 l/ha	0,2-0,3 l/ha	0,3 l/ha	0,05-0,1 l/ha	0,145-0,210 kg/ha
Plus de 4 feuilles	Binage									

* Venzar, Varape : 0,1 kg/ha

1 phenmédiphame ; 2 éthofuméaste 500 g/l ; 3 métamitron 70 % ; 4 lénacile ; 5 triflurosulfuron-méthyl ; 6 éthofuméaste + métamitron ; 7 s-métolachlor ; 8 diméthénamid-P ; 9 clomazone ; 10 lénacile + triflurosulfuron-méthyl.

DÉSHERB'AVENIR SE RÉINVENTE

Compte tenu de la situation sanitaire, Désherb'Avenir, prévu les 5 et 6 mai 2021 en région Centre - Val de Loire, ne pourra pas se tenir en présentiel. L'ITB, organisateur de l'évènement, proposera en lieu et place de la 7^e édition de Désherb'Avenir, une vidéo pédagogique sur le désherbage mécanique. Destinée aux agriculteurs, aux techniciens mais aussi plus largement à toute la filière, elle sera disponible courant mai sur les sites www.desherbavenir.fr et

www.itbfr.org et mettra en avant : l'intérêt du désherbage mécanique pour diminuer l'Indicateur de fréquence de traitements phytosanitaires (IFT) et limiter l'attractivité des adventices pour les pollinisateurs, les différentes techniques et matériels disponibles, les conditions de réussite du désherbage mécanique etc. Les organisateurs et exposants de Désherb'Avenir vous donnent dès à présent rendez-vous pour la 8^e édition de l'évènement, en mai 2023.

CE QU'IL FAUT RETENIR

- **Choisir les matières actives** adaptées aux adventices de la parcelle.
- **Intervenir sur des adventices jeunes**, point vert à cotylédons étalés, de manière à pouvoir appliquer des doses réduites. Si les adventices sont plus développées, augmenter les doses des produits.
- **Alterner les modes d'action dans la lutte contre les graminées** en cas d'échec d'efficacité. Les graminicides seront utilisés de préférence seuls afin d'obtenir une meilleure efficacité.
- **Pratiquer un désherbage mécanique** dès que les conditions sont favorables.

EXPERTISE
La lutte contre les graminées

De plus en plus de parcelles sont infestées de graminées résistantes aux modes d'action traditionnels.

En 2020, comme ces dernières années, de nombreux échecs de désherbage ont été constatés dans la lutte contre les graminées. Dans ces situations, il est nécessaire d'alterner les modes d'action en pré ou en post émergence, et la lutte chimique doit être associée à une lutte agronomique.

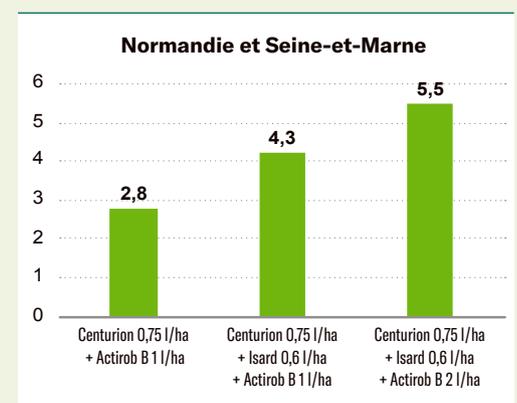
En cas de résistance avérée ou de pression montante de vulpins ou ray-gras dans une parcelle, utiliser différents modes d'action est une stratégie qui favorisera l'efficacité, et permettra de limiter le développement de la résistance.

En pré-émergence, l'utilisation d'Avadex 3 l/ha avant semis en incorporation ou de Mercantor Gold 0,6 l/ha en post-semis, pré-levée (à éviter dans les sols filtrants en raison du risque de phytotoxicité) permet de réduire l'infestation des graminées.

En post émergence, la combinaison des modes d'action est également possible. Sur le graphique ci-dessous, le mélange antigraminées foliaires traditionnel à base de cléthodime (Centurion) complété par du dimethenamid-P (Isard) améliore l'efficacité du traitement.

L'adjuvantage est également un élément indispensable dans l'efficacité du traitement. Le mélange Centurion + Isard obtient une meilleure efficacité avec 2 litres d'Actirob B qu'avec la dose d'un litre (1,2 point d'efficacité en plus dans le graphique ci-dessous). Les traitements graminicides ne doivent pas être mélangés avec d'autres herbicides (intervenir six jours minimum après un traitement anti-dicotylédones ou 48 heures avant).

Synthèse d'efficacité sur ray grass lors de deux essais 2020



Ce graphique représente la note d'efficacité de différents traitements anti graminées. Attention dans les sols filtrants, la dose d'Isard ne doit pas dépasser 0,4 l/ha afin de préserver la sélectivité et attendre le stade 4-6 feuilles des betteraves.

INNOVATION

Les outils de phénotypage développés dans Aker

Le programme Aker, qui vient de s'achever, a mobilisé des technologies de génotypage et de phénotypage à haut débit pour explorer la diversité génétique à l'échelle mondiale ; une contribution à la création de variétés plus productives et plus résistantes aux maladies.

Le programme Aker s'est construit en 2012 autour d'un partenariat public-privé de recherche. Il a associé le sélectionneur Florimond-Desprez, des équipes de l'Inrae, des universités et des grandes écoles, ainsi que l'ITB. Deux axes de recherche ont structuré Aker pendant les huit années de projet : l'élargissement de la diversité génétique et l'évaluation du matériel créé par des outils de phénotypage et de génotypage à haut débit.

Recherche de nouveaux phénotypes plus adaptés aux conditions de culture

Des plantes exotiques, choisies pour maximiser la diversité génétique après séquençage de leur génome, ont été croisées avec du matériel d'élite, le plus performant qui était disponible. Le marquage moléculaire a permis de repérer les fragments de chromosomes issus des plantes exotiques au cours des différents croisements successifs. Les chercheurs n'avaient pas a priori sur les effets que produiraient les fragments exotiques. C'est le phénotypage, réalisé en 2018 et 2019, qui a permis de le savoir et d'identifier les régions génomiques à l'origine de caractères favorables sur le rendement, la tolérance aux maladies ou au stress climatique. Maintenant que ces régions génomiques d'intérêt sont détectées, le sélectionneur peut les introduire directement dans du matériel adapté aux différents segments de marché (matériel tolérant à la rhizomanie, à la forte pression rhizomanie, aux nématodes à kystes, etc.).

CHIFFRE CLÉ

3 200

génotypes phénotypés dans Aker.

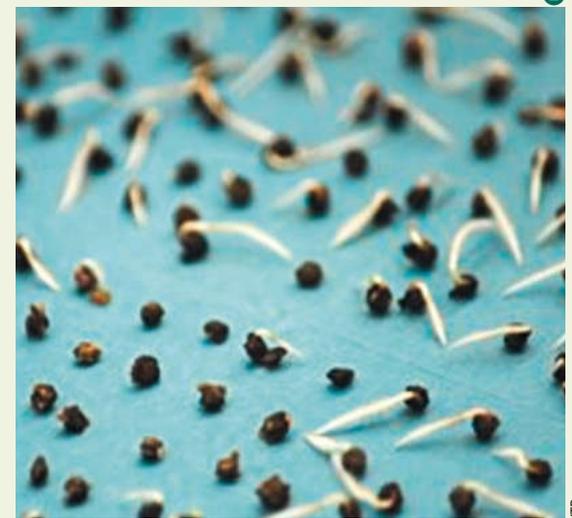
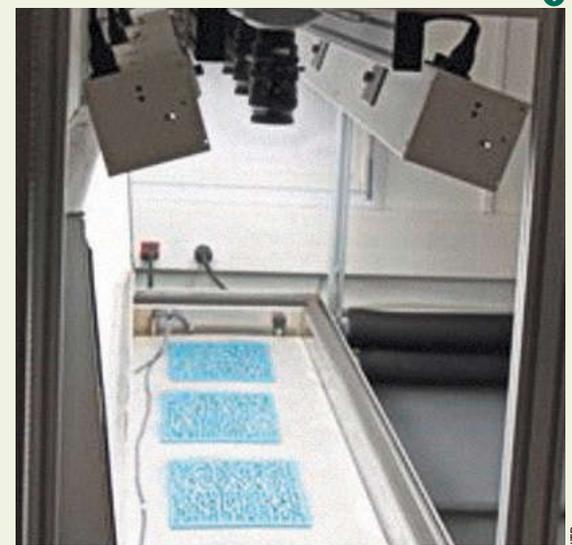
1 Le banc de germination Multicam est équipé de caméras qui produisent des images dont le traitement est automatisé pour calculer les vitesses de germination de chaque graine. Ce traitement consiste à repérer à la fois le mouvement de la graine puis l'apparition de la radicule.

2 Semences de betterave en cours de germination sur papier buvard.

Les premiers hybrides aux performances confirmées pourraient être déposés à l'inscription au Comité technique permanent de la sélection (CTPS) en 2022.

Combinaison entre mesures au champ et au laboratoire

Le phénotypage est la mesure de l'ensemble des caractères observables sur les plantes, dans un environnement donné. Parmi ces caractères, il y a bien sûr le rendement en sucre mais aussi d'autres caractéristiques telles que la vitesse de développement des plantes, leur statut nutritif, la résistance aux maladies ... Dans le cadre du programme Aker, le phénotypage s'est concentré sur tous les stades de la culture, de la semence à la récolte. Le travail réalisé au laboratoire s'est concentré sur la caractérisation des semences et des jeunes plantules. Des méthodes ont été développées à l'Inrae, au Groupe d'étude et de contrôle des variétés et des semences (Geves) et à l'université d'Angers, pour évaluer la qualité physique et germinative des semences de betterave. Les chercheurs s'intéressent plus particulièrement aux phases précoces : la semence et sa germination dans des conditions favorables ou, au contraire, en conditions stressantes, par exemple à basse température. L'adaptation au froid est un levier de compétitivité important pour allonger la durée de végétation. En complément, le phénotypage au champ a permis d'analyser le développement des plantes plus âgées, les maladies foliaires et le rendement final,

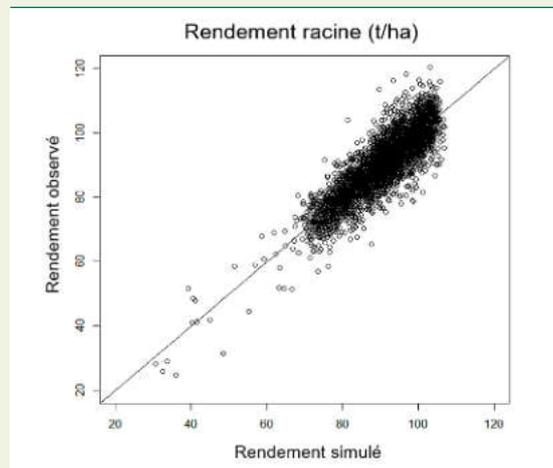


dans différentes conditions environnementales. Au terme du programme de sélection, 3 200 hybrides ont été analysés au cours des années 2018 et 2019. Cela imposait de travailler avec des méthodes de phénotypage à haut débit.

Des variables pour prédire le rendement

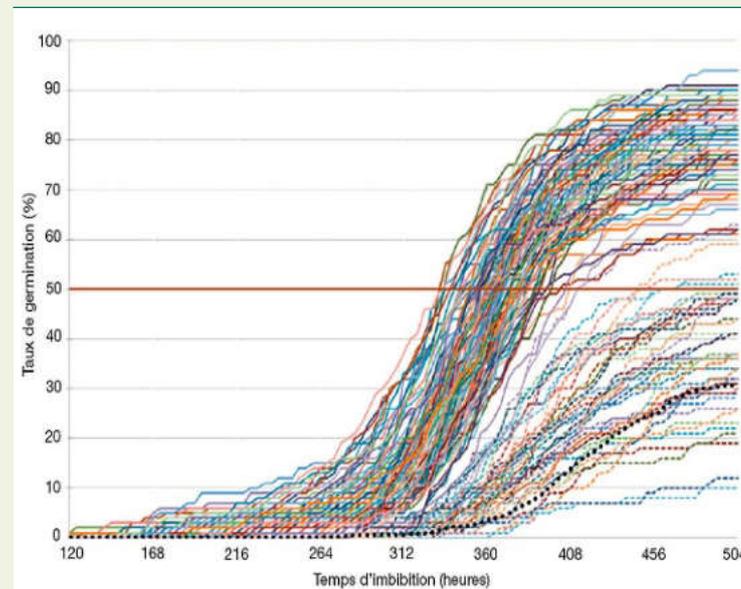
Le rendement final n'est que le résultat de l'empilement de tous les facteurs positifs ou négatifs que la plante a connus pendant sa croissance. Ainsi, un même rendement peut résulter d'itinéraires de croissance très différents. Le phénotypage en culture consiste à acquérir des mesures répétées tout au long du cycle cultural pour repérer les génotypes présentant des comportements favorables ou défavorables en fonction des conditions environnementales. Les capteurs fournissent des observations non destructives, instantanées et dynamiques. Ils constituent donc des outils privilégiés pour suivre le fonctionnement de la plante dans la totalité de son cycle cultural. Au cours du programme Aker, différents modèles ont été développés pour estimer des variables à partir des capteurs. Ainsi, il est aujourd'hui possible de quantifier la surface foliaire et la quantité d'azote et de chlorophylle dans les feuilles. L'application d'un modèle statistique de forêt aléatoire a montré, à partir d'une expérimentation Aker, que les variables de phénotypage, si elles sont acquises tout au long du cycle de croissance, permettent d'expliquer 75 % de la variabilité des rendements des génotypes d'Aker (figure 1). →

Modélisation du rendement racine (figure 1)



Modélisation du rendement racine à partir des variables de phénotypage mesurées à différentes dates au cours du cycle cultural. Un point représente un des 3200 génotypes d'Aker.

Vitesse de germination des génotypes d'Aker à 5°C (figure 2)



Des études ont également été réalisées pour identifier si la composition de la graine est un bon indicateur de sa sensibilité au froid. Pour cela, la tomographie 3D a permis d'accéder à des mesures quantitatives très précises sur les différents organes qui constituent la graine (embryon, réserves, tégument). Un travail approfondi est toujours en cours pour comparer les résultats de morphologie des graines des génotypes sensibles et résistants au froid, afin que le sélectionneur puisse disposer de nouveaux outils de phénotypage au laboratoire.

Variétés adaptées au stress hydrique

C'est en réalisant des mesures à plusieurs dates qu'il est possible de quantifier les stress subis par les plantes au cours de leur croissance. Ainsi, il est important d'avoir un phénotypage non destructif pour suivre l'évolution temporelle du comportement des plantes au cours du temps. Les mesures réalisées par des capteurs embarqués sur drone ou utilisés au sol peuvent apporter des connaissances sur le fonctionnement des plantes. Les informations extraites des images acquises avec des capteurs RGB ou multispectraux apportent des précisions à la fois sur la structure du peuplement mais aussi sur la structure du couvert et son contenu biochimique. Lors d'une sécheresse marquée comme celles des étés 2018 et 2019, au cours desquels les génotypes d'Aker ont été évalués, la quantification de la perte de surface foliaire verte est un bon indicateur de la sensibilité au stress hydrique. La figure 3 montre les résultats des génotypes d'Aker sur une expérimentation présentant un fort stress hydrique estival. Il existe une grande diversité de réponses dans le matériel d'Aker avec certains génotypes qui perdent 70 % de feuilles tandis que d'autres stabilisent leur bouquet foliaire. Cette diversité de réponses peut être valorisée pour mettre sur le marché des variétés tolérantes au stress hydrique. Depuis 2019, l'ITB utilise cette technologie pour définir une liste de variétés commerciales moins sensibles au stress hydrique. Le dispositif ElonCam a également été mis au point pour modéliser la croissance de la plantule sous terre.

CHIFFRES CLÉS

95 000

parcelles de phénotypage au champ.

8 %

d'erreur dans l'estimation de la quantité de chlorophylle des feuilles.

3

Comparaison de phénotypes en situation de stress hydrique.

4 5

Dispositif ElonCam permettant de phénotyper 400 plantules en croissance à une température de 10°C. Il mime ce qui se passe sous terre au champ pendant la levée des betteraves. L'analyse des images est automatisée pour mesurer l'élongation de la plantule et de ses différents organes d'intérêt (radicule, hypocotyle, cotylédons) lors des premières phases de croissance.

Il existe une grande variabilité dans la vitesse d'allongement de la jeune racine qui peut être corrélée à la sensibilité au stress hydrique. S'il est confirmé que ce sont les mêmes génotypes qui présentent des profils intéressants en situation de stress hydrique au champ, il sera ainsi possible d'avoir une évaluation de sensibilité au stress hydrique en conditions contrôlées, indépendante des conditions environnementales des essais mis en place au champ.

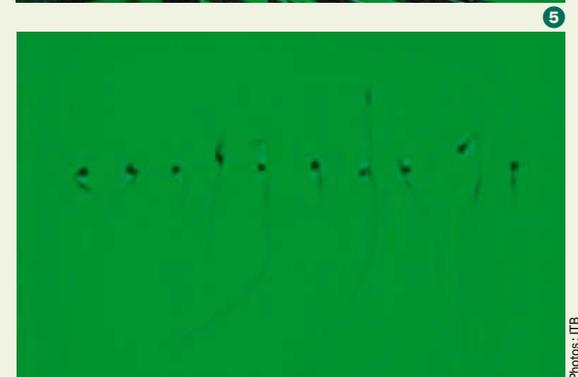
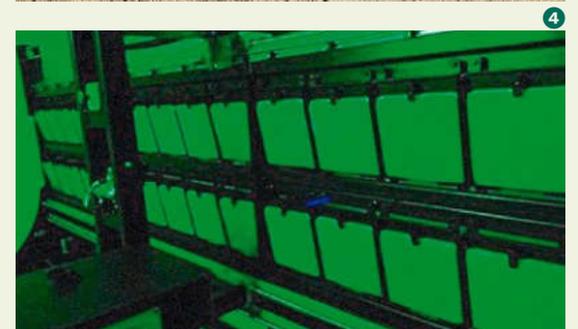
Evaluer le statut azoté des betteraves

Des caméras multispectrales sont utilisées pour quantifier la chlorophylle et l'azote dans les feuilles. Des formules basées sur les réflectances à différentes longueurs d'onde ont été optimisées spécialement pour la betterave. Les mesures dans l'infrarouge sont particulièrement intéressantes pour quantifier le contenu biochimique des feuilles. Il est ainsi possible d'estimer la quantité de chlorophylle dans les feuilles avec une erreur de 8 % (figure 4).

L'ITB étudie actuellement l'intérêt de ces mesures pour comparer les besoins azotés et l'efficacité d'utilisation de l'azote des variétés.

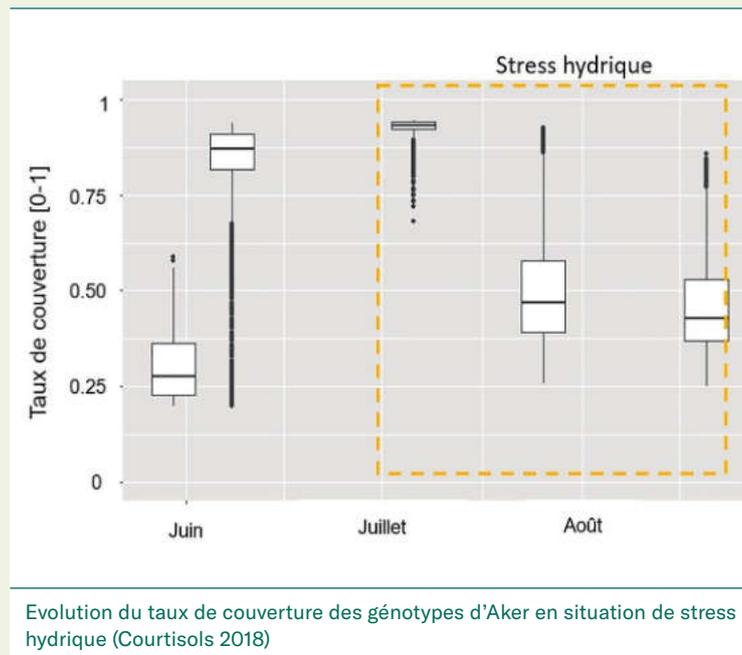
Tolérance aux maladies foliaires

La tolérance à la cercosporiose et à l'oïdium a été particulièrement étudiée au cours du programme Aker. Pour cela, deux types de technologies ont été mises au point avec de l'imagerie, soit embarquée sur drone, soit sur une plateforme robotisée au champ. Les deux apportent une information pertinente pour quantifier les symptômes de cercosporiose mais avec un niveau de précision différent. L'imagerie drone est plus rapide, moins coûteuse mais ne permet pas de suivre le début de l'infection par le champignon. Les mesures réalisées à 1,5 m au-dessus du couvert permettent quant à elles de quantifier les écarts entre génotypes dès les premiers symptômes. A partir de 2019, le sélectionneur a également évalué les génotypes d'Aker vis-à-vis des jaunisses virales, afin d'identifier de nouvelles sources de résistance grâce à la variabilité génétique apportée par les plantes exotiques.

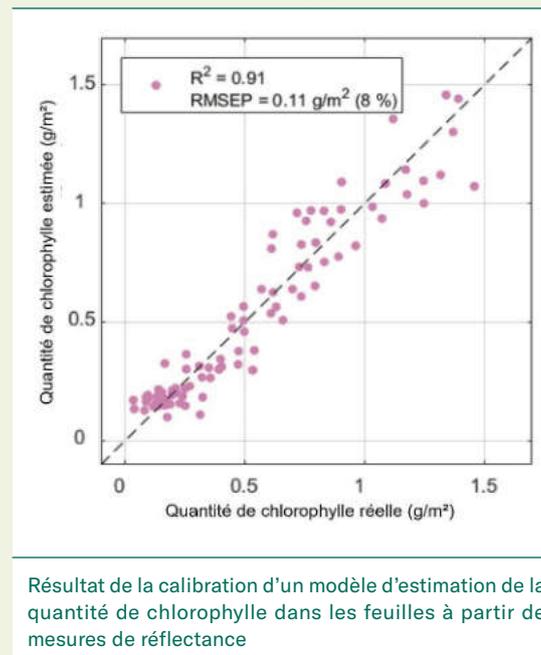


Photos : ITB

Evolution du taux de couverture des génotypes d'Aker (figure 3)



Résultat de calibration (figure 4)



CE QU'IL FAUT RETENIR

- **Le programme Aker** a élargi la variabilité génétique disponible au sein des betteraves cultivées pour accélérer le progrès génétique.
- **Aker va permettre de mieux répondre aux enjeux de la sélection** pour adapter les variétés à de nouvelles conditions de culture.
- **Le sélectionneur étudie actuellement les régions génomiques** associées aux variations phénotypiques.
- **La filière dispose d'un ensemble d'instruments et de techniques d'imagerie** qui peuvent être exploités pour mieux caractériser les variétés et apporter un conseil variétal plus précis.
- **Les premiers hybrides aux performances confirmées** pourraient être déposés à l'inscription au CTPS en 2022.

Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme « Investissements d'avenir » portant la référence ANR-11-BTBR-0007