

# L'agriculture face à ses défis techniques, l'apport des technologies

*Bernard Le Buanec est membre de l'Académie d'agriculture de France, membre fondateur de l'Académie des technologies.*

L'agriculture fait face à de nombreux défis techniques. L'Académie des technologies et l'Académie d'agriculture de France se sont posé la question de savoir en quoi les technologies en développement pourraient permettre aux agriculteurs d'y faire face dans le cadre d'une agriculture durable. Elles ont établi un groupe de travail d'une trentaine de spécialistes de différentes disciplines tout en étant conscientes que la technologie peut contribuer à certaines solutions, mais ne peut pas apporter seule toutes les réponses.

Lors d'une première étape, le groupe a auditionné dix

agricultrices et agriculteurs représentant des productions diverses et pratiquant différents modes de culture : conventionnel et biologique. L'objectif de ces auditions était de connaître les principales préoccupations de ces producteurs et les défis techniques auxquels ils étaient confrontés.

Ces défis techniques ont ensuite été présentés à des chercheurs et à des industriels du secteur pour analyser les solutions que pourraient apporter les développements récents des innovations dans leur domaine d'expertise. Les résultats de ce travail ont été publiés dans un livre début 2019 (**Figure 1**).



Figure 1

Livre des deux académies.

## 1 Les principaux défis techniques

Les principaux défis techniques indiqués par les agriculteurs sont les suivants :

– **les problèmes de parasitisme, maladies et ravageurs**, avec un regard particulier sur les effets du changement climatique et des maladies émergentes. Ce défi est accru du fait de la suppression d'un nombre de plus en plus important de produits phytosanitaires, sans solution immédiate de remplacement, ce qui provoque parfois la réapparition de maladies qui ne posaient plus de problèmes. Cette année, l'exemple de la jaunisse de la betterave illustre bien la situation (Figure 2) ;

– **la maîtrise des plantes adventives (mauvaises herbes)** reste une difficulté majeure. Comme pour la maîtrise du parasitisme, le problème est aggravé par la suppression de nombreux produits phytosanitaires. Cette question est particulièrement importante en grande culture suivant les normes de l'agriculture de conservation ;

– **enfin le problème de l'eau** est essentiel et l'irrigation peut être un élément clé de la diversification des cultures. Ce sujet est également mis à l'ordre du jour par les concepts de relocalisation et de territorialisation de l'agriculture. Les limitations en eau en période sèche sont très handicapantes ; elles sont aggravées par des difficultés réglementaires. Il y a un besoin de politiques de stockage de l'eau et de techniques de gestion fine, au quotidien, de l'irrigation (Figure 3).

En dehors de ces trois défis principaux, plusieurs problèmes également importants ont été abordés :

– la nécessité d'une meilleure connaissance détaillée des parcelles pour optimiser l'irrigation ;

– la fertilisation azotée et son adaptation aux besoins précis des cultures qui devient de plus en plus délicate du fait de la gestion de la fertilité des sols en lien avec des restrictions dans de nombreux environnements ;

– le besoin de prévisions météorologiques plus fiables à court terme et, si possible, au niveau de la parcelle ;

– le besoin de développement de variétés de certaines espèces utiles pour diversifier l'assolement comme, par exemple, des variétés de pois résistantes à l'agent de la pourriture racinaire l'*Aphanomyces*, ce qui faciliterait le plan protéagineux français, l'un des objectifs d'aujourd'hui.

– le besoin d'outils de récolte polyvalents et de matériel agricole permettant de travailler par tous les temps sans abîmer la structure des sols.



Figure 2

Champ de betterave atteint de la Jaunisse des feuilles.



Figure 3

Irrigation des champs de maïs.

## 2 Les méthodes de protection des cultures : maîtrise des maladies et des ravageurs

Les méthodes conventionnelles basées sur la chimie de synthèse sont aujourd'hui de plus en plus souvent remises en cause pour différentes raisons.

La protection des cultures comprend trois phases : d'abord la prophylaxie pour diminuer le risque, puis la caractérisation de ce risque pour agir à bon escient au travers des outils d'aide à la décision (les OAD) et enfin, quand le risque est avéré, la lutte directe soit à l'aide de molécules de synthèse, soit par biocontrôle.

### 2.1. La prophylaxie

Elle nécessite une approche agronomique : avant de réfléchir à des solutions ponctuelles, il faut penser à une approche globale dans le cadre

du système de culture, de l'assolement et de la rotation afin de limiter la pression parasitaire. Ceci est également vrai pour la maîtrise des adventices.

- **Les outils de modélisation et de simulation** de la croissance des plantes permettent maintenant de modéliser les rotations de cultures en prenant en compte les cycles de développement des attaques parasitaires et en intégrant l'historique des rotations précédentes obtenues par divers capteurs de plus en plus développés. À partir de ces outils prédictifs, il est possible de calculer les rotations les mieux adaptées et d'identifier les meilleures pratiques dans un contexte pédoclimatique local en réduisant ainsi les risques de parasitisme (Figure 4).

Un des enjeux pour progresser dans cette voie est de disposer de bases de données importantes pour construire par apprentissage une modélisation suffisamment précise pour



Figure 4

Assolement et rotations des cultures.

prendre en compte les interactions entre les parasites, les cultures et l'environnement.

Si les technologies numériques apportent des éléments incontestables de progrès, elles soulèvent aussi des nouveaux questionnements sociétaux et éthiques auxquels il faudra apporter des réponses pour qu'elles puissent se développer pleinement. Sur le plan technique, il faut aussi que l'on puisse assurer la cohérence et l'interopérabilité des données.

- **Le choix de la variété** peut être cité dans les mesures prophylactiques car l'agriculteur, en choisissant des variétés résistantes, diminue la pression parasitaire. Le rôle de l'amélioration des plantes est donc important. Depuis de nombreuses décennies, l'amélioration variétale a fait ses preuves pour la création de variétés résistantes aux parasites.

Pour ce faire, les outils à la disposition du sélectionneur se sont diversifiés au fur et à mesure du progrès des connaissances dans différents domaines, en biologie, en génétique mais aussi en électronique, informatique, biophysique... Aujourd'hui, certains outils permettent de mieux évaluer et d'utiliser la variabilité génétique disponible grâce à la caractérisation de l'ensemble des caractères apparents correspondant à une réalisation du génotype (phénotypage à haut débit) et au marquage moléculaire. D'autres outils, la transgénèse (incorporation d'un ou plusieurs gènes dans le génome), la mutagenèse dirigée (édition du génome) et l'édition d'allèles (versions différentes d'un même gène) permettent

de créer une nouvelle variabilité, soit à l'intérieur d'une espèce soit en transférant des caractères d'une espèce à une autre.

Il est intéressant de noter qu'Isabelle Charpentier, chercheuse française, vient d'obtenir le prix Nobel de chimie pour ses avancées dans ce domaine mais que pour le moment, les résultats de cette technologie sur le végétal ne pourront pas être utilisés en France.

Les développements récents permis par le numérique nous orientent également vers une création variétale par modélisation.

- **Les outils d'aide à la décision.** Une fois le maximum de précautions prises, il faut surveiller les parcelles afin de savoir s'il est, ou non nécessaire de traiter. Ceci se fait grâce à des outils d'aide à la décision (*Figure 5*).

Durant le xx<sup>e</sup> siècle, les *bulletins d'avertissements agricoles* ont accompagné plusieurs générations d'agriculteurs et de jardiniers. Il s'agissait, avant l'heure, d'OAD.

Les progrès récents en récolte, partage, interprétation et transfert d'information permettent maintenant d'affiner cette approche pour des aides à la décision plus précises et plus ciblées.

## 2.2. Détection précoce des agents pathogènes

Cette approche est également facilitée par la mise au point de la détection précoce des pathogènes. Il s'agit d'un secteur en plein essor avec plusieurs types d'application :



Figure 5

Données informatiques pour la prise de décision.

- des nez artificiels intelligents capables de détecter des composés organiques émis par les plantes lors d'attaques de pathogènes ;

- des applications vidéo et des sites web permettant de reconnaître les maladies auxquelles les plantes sont confrontées ;

- le piégeage par des capteurs de spores de champignons parasites dans l'air ambiant.

Toutes ces techniques sont en développement. Elles autorisent une utilisation plus précise des produits de protection et vont donc dans le sens souhaité d'une diminution des quantités utilisées

### 3 Les traitements

Lorsque les conseils indiquent qu'il faut traiter, deux approches sont possibles : l'utilisation de produits issus de la chimie de synthèse ou le biocontrôle.

#### 3.1. Les produits issus de la chimie de synthèse

Il y a actuellement une forte pression sur l'utilisation des molécules de synthèse, soit en ce qui concerne les volumes épandus soit en ce qui concerne les caractéristiques des molécules.

##### *La diminution des quantités épandues*

Des progrès importants sont faits en machinisme agricole permettant de limiter la dispersion dans l'environnement des produits pulvérisés, en particulier par l'utilisation de buses spécifiques en fonction des conditions climatiques. Il existe maintenant des rampes d'épandage permettant d'ouvrir ou de fermer des tronçons de rampe ou même, à la demande, buse par buse.

Des machines agricoles peuvent même être équipées d'outils de détection pour une reconnaissance de l'état de la végétation sur le terrain en

permettant ainsi de ne traiter que les parties atteintes. Les gains de produits vont de 3 à 4 % jusqu'à 50 % pour les matériels les plus sophistiqués.

### *Le développement de nouvelles molécules*

La suppression des molécules utilisables qui sont passées au cours des dernières années de 800 à environ 400, pose les problèmes d'augmentation des résistances des parasites et du traitement des cultures « orphelines », c'est-à-dire des cultures qu'on laisse sans solution pour lutter contre un bioagresseur car elles sont de moindre importance économique. L'industrie continue donc la recherche de nouvelles molécules en utilisant plusieurs approches :

- *une meilleure analyse des voies métaboliques spécifiques* en même temps que la mise au point de modèles permettant de prédire les réactions à une molécule en voie de développement ;
- *la recherche des produits de plus en plus sélectifs* afin de limiter les risques éventuels sur la santé ;
- *l'amélioration des méthodes de criblage*. En effet, si les méthodes de synthèse chimique ont beaucoup progressé, le criblage (*screening*) des molécules reste lourd. Le développement du criblage à haut débit progresse grâce aux techniques d'évaluation de nouvelles substances sur des échantillons réduits, feuilles, plantules et insectes en boîte de Pétri par exemple.

Un criblage ciblé, dont les molécules seraient

conceptualisées en fonction de l'activité biologique recherchée, serait un progrès majeur. Ici encore les progrès dans le numérique seront essentiels, car aujourd'hui la recherche de nouvelles molécules nécessite de tester de 150 000 à 200 000 molécules pour n'en retenir qu'une seule à la fin.

Le frein essentiel au développement de ces nouvelles molécules actives en est le coût. Le développement du produit et la constitution des dossiers toxicologiques et environnementaux impliquant un investissement de l'ordre de 200 millions d'euros, cela ne peut donc être assuré que par de grandes entreprises. De plus, ces entreprises hésitent à investir à un horizon de dix ou quinze ans de telles sommes du fait d'un manque de visibilité sur les règles d'homologation qui changent très fréquemment. Cet aspect politique est essentiel.

Un défi majeur pour l'agriculture est que, comme dans beaucoup de domaines, il y a un écart important entre la réalité technique et le calendrier politique.

### **3.2. Le biocontrôle**

Le biocontrôle se positionne comme une alternative aux produits phytosanitaires de synthèse. En France, il représente aujourd'hui environ 5 % du marché des produits de protection des plantes. Si les agriculteurs utilisent encore peu le biocontrôle, c'est que son efficacité est souvent inférieure et plus aléatoire que celle des molécules de synthèse.



Il y a quatre grandes familles de produits de bio contrôle :

- **les macro-organismes** : insectes, acariens ou nématodes. Un exemple de succès est l'utilisation d'un insecte, le trichogramme, contre la pyrale du maïs sur une centaine de milliers d'hectares (**Figure 6**) ;
- **les micro-organismes** : bactéries, virus et champignons ;
- **les médiateurs chimiques** : phéromones, kairomones (substance volatile produite dans l'air, l'eau ou le sol par un être vivant) et allomones (substance produite par un être vivant qui affecte le comportement d'une autre espèce) ;
- **les substances naturelles** d'origine végétale, animale, minérale ou microbienne.

Selon l'Association des entreprises de biocontrôle, les voies de progrès sont l'innovation, l'information, la formation, les politiques publiques et la



**Figure 6**

*La pyrale du maïs.*

réglementation. Un des freins au développement de ces produits, comme pour les molécules de synthèse, est aussi le coût des dossiers d'homologation.

## Conclusion

Il apparaît qu'il y a, dans le domaine de la défense des cultures, de grandes possibilités de progrès. Nous aurions les mêmes conclusions pour la lutte contre les adventices, pour le contrôle du stress hydrique et pour d'autres défis techniques. Plusieurs technologies peuvent être sollicitées, des progrès notables sont en cours dans tous les domaines mais ils sont incrémentaux, car il n'y a peu de technologies de rupture. Une voie de progrès non évoquée dans l'exposé est le développement de la robotique, actuellement essentiellement utilisée en horticulture et arboriculture.

Il faut toutefois noter l'apparition massive de données et leurs applications dans le domaine agricole : l'amélioration des plantes, les outils d'aide à la décision, la recherche de nouvelles molécules phytosanitaires, l'agriculture de précision et la robotique.

Du fait du numérique, nous allons aussi vers des innovations organisationnelles. Ces innovations seront d'autant plus rapides qu'elles seront financièrement accessibles du fait de la mutualisation de la demande. Il faudra que tous les acteurs se mettent d'accord sur les modalités d'utilisation des données, ce qui est semble-t-il, en bonne voie. Leur utilisation ira souvent de pair avec des changements générationnels.