

## AGRICULTURE NUMÉRIQUE

# LES MATHÉMATIQUES s'invitent dans les exploitations



© N. Cornec - ARVALIS-Institut du végétal

Les modèles de prévision sont déjà très présents en agriculture. Le « baromètre maladies du blé tendre », par exemple, permet d'anticiper les risques d'apparition des maladies et de planifier les interventions.

**Les modèles de prévision sont partout de plus en plus accessibles, en association aux technologies de l'information. Intégrés dans des applications diverses, ils transforment progressivement la manière de travailler dans les exploitations agricoles.**

**A**u quotidien, les modèles sont utilisés dans de nombreux domaines, aussi divers que les prévisions météorologiques, l'état de la qualité de l'air dans les grandes villes ou encore le trafic routier. L'arrivée de nouvelles technologies en agriculture, telles que les capteurs embarqués, les drones et les objets connectés, ouvre de nouveaux champs d'application pour la modélisation, notamment par l'acquisition de données spatialisées à haute résolution temporelle. Il sera alors ainsi possible

d'appréhender des phénomènes agronomiques jusque-là non accessibles (*encadré*). Ces nouveaux développements ne sont utiles, directement dans les exploitations agricoles, que s'ils aboutissent à des outils de suivi ou d'aide à la décision plus performants, pour une agriculture de précision plus proche, en temps réel, de l'état des parcelles.

### Répondre à des objectifs précis

Un modèle est établi dans un but spécifique : mieux comprendre le système étudié, prédire son évolution ou encore optimiser son fonctionnement. Par exemple, le modèle STICS développé par l'Inra analyse les facteurs qui influencent le rendement d'une parcelle de blé. Dans un autre domaine, un modèle de croissance des micro-organismes peut être utilisé pour optimiser le procédé de production d'un métabolite par des levures dans un fermenteur. Il existe différents types de modèles. Les plus utilisés en agronomie font appel à des fonctions mathématiques. Ils décrivent certains aspects, plus ou moins complexes, des systèmes biologiques. Ces fonctions mathématiques mettent en relation des variables « à expliquer » (le rendement d'une parcelle de blé

## MODÉLISATION : une succession d'étapes incontournables



Figure 1 : Schéma simplifié des étapes conduisant à l'intégration d'un modèle de prévision dans un outil d'aide à la décision.

par exemple), des variables « explicatives » (climat, opérations culturales...) et des paramètres, comme le coefficient apparent d'utilisation de l'azote. Il s'agit ainsi de quantifier l'effet d'une variable explicative sur la variable à expliquer.

### Des compétences bien spécifiques

Un modèle est une représentation simplifiée de la réalité. Avant son intégration dans un outil d'aide à la décision, une étape de validation est indispensable. Cette étape a pour but de s'assurer que le modèle apporte une information pertinente à l'utilisateur final. Néanmoins, il faut garder à l'esprit qu'aucun modèle n'est parfait et qu'une erreur, caractérisant la précision du modèle, est inhérente à toute prévision. Dans l'absolu, tous les modèles sont donc faux : ils ne peuvent représenter exactement toutes les situations de terrain. En revanche en s'y approchant, ils apportent une réelle aide pour mieux appréhender la réalité et faciliter les prises de décision.

La pertinence d'un modèle de prévision repose sur la qualité des données utilisées. Elles doivent être précises, en nombre suffisant et couvrir une large gamme d'environnements (sol, climat, système de culture). L'arrivée de données massives, dites « big data » (1) et facilement accessibles, grâce aux capteurs ou à « l'open data » (2) par exemple, offre une

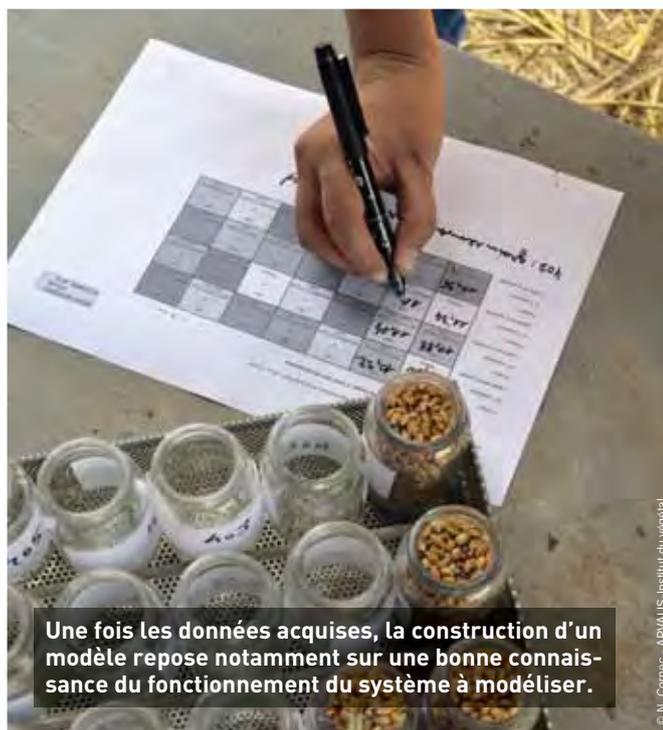
## Faciliter les décisions tactiques sur l'exploitation

Traiter une parcelle contre un pathogène quand les symptômes ne sont pas encore visibles est déjà possible grâce au modèle inclus dans l'outil d'aide à la décision « Septo-LIS » (ARVALIS). Il définit la première date de traitement optimale contre la septoriose, à partir de la prévision de développement du champignon sur la plante. Sur le plan de la conduite de la culture à la parcelle, « Farmstar » (Airbus Defence and Space, ARVALIS, Terres Inovia) combine modèles agronomiques et imagerie satellitaire pour fournir un conseil dans la gestion des apports azotés.

Le modèle de prévision du risque mycotoxines « Myco-LIS » (ARVALIS) permet de prévoir avant la récolte le niveau de risque attendu sur l'aire de collecte.

Pour plus de précisions sur ces applications, consulter [www.arvalis-infos.fr](http://www.arvalis-infos.fr), rubrique Mes outils.

opportunité pour le développement et la validation des modèles de prévision en agronomie. Le challenge reste de valoriser des données qui ne seront pas complètement adaptées à l'objectif du modèle. Une fois les données acquises, la construction d'un modèle repose sur une bonne connaissance du fonctionnement du système à modéliser, l'association de compétences multiples (statistiques, agronomie, informatique) et la nécessité de disposer de suffisamment de temps. Il faut compter au moins un à deux ans pour le développement d'un modèle et sa mise en œuvre dans un outil d'aide à la décision. Un modèle n'est pas figé. Il doit aussi intégrer les changements d'un environnement en évolution permanente (climat, nouvelles souches de champignon, pratiques agronomiques, variétés...).



Une fois les données acquises, la construction d'un modèle repose notamment sur une bonne connaissance du fonctionnement du système à modéliser.

© N. Comec - ARVALIS-Institut du végétal

**PRISE DE DÉCISION : les modèles favorisent l'intégration d'un nombre croissant de facteurs**

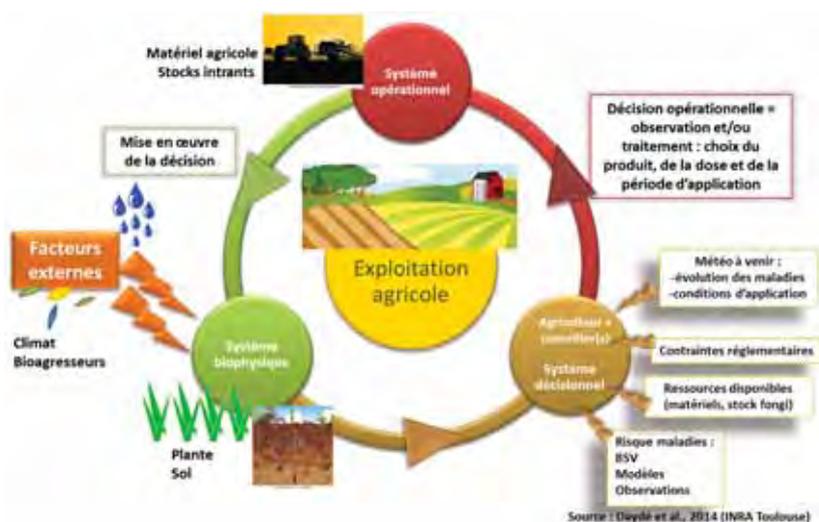


Figure 2 : Représentation schématique des facteurs intervenant dans la prise de décision opérationnelle (tactique).

**Combiner gestion parcellaire et approche globale**

Les modèles jouent un rôle important dans le processus de prise de décision d'un agriculteur. Ces décisions répondent soit à des objectifs de long terme (décisions stratégiques), soit à des actions techniques en cours de campagne (décisions tactiques). Par exemple, dans la mise en œuvre de la protection intégrée des cultures, l'exploitant doit considérer ces deux types de décision et les confronter à des échelles de temps différentes. Les décisions stratégiques, prises en morte saison, doivent conduire à la réduction de la pression des pathogènes en lien avec les choix agronomiques (rotation, choix variétal, travail du sol, etc.). Alors qu'en cours de culture, les conditions climatiques, les observations de terrain et toute autre information relative à la pression des bio-agresseurs va le conduire à prendre la

« Un modèle doit intégrer les changements d'un environnement en évolution permanente. »

accessibles sur l'état du système culturel (état hydrique, carence azotée...). Sur le plan stratégique, les modèles

**Des capteurs de plus en plus présents**

Le numérique va entraîner des modifications majeures dans la conduite des cultures et dans les métiers du conseil. Chaque agriculteur bénéficiera de plus en plus d'outils d'aide à la décision et au suivi de son exploitation. Les moteurs de cette mutation sont multiples : l'augmentation des surfaces cultivées par personne, le confort apporté par les automatismes, la nécessité de prouver et justifier les actions techniques, la technophilie croissante des nouvelles générations d'exploitants et la baisse du coût de ces technologies. Les outils d'aide à la décision intégreront de plus en plus de données issues des capteurs dont le nombre va augmenter rapidement dans les prochaines années (capteurs sur tracteurs, réseaux de capteurs au champ, satellites, drones, ...). Par ailleurs, les références techniques se baseront de plus en plus sur des variables mesurables par capteur, afin notamment de mieux les valoriser dans les outils d'aide à la décision.

décision d'une intervention, soumise à de nombreuses contraintes, dans un délai limité.

C'est là que les modèles remplissent tout leur rôle. Leur intérêt dans la prise de décision tactique peut être de plusieurs ordres (encadré). Ils permettent, entre autres, de limiter et d'optimiser les déplacements dans le parcellaire, de moduler voire de supprimer certains traitements, ou encore de bénéficier d'informations difficilement

peuvent simuler le comportement d'un système de production dans différentes conditions afin de déterminer la stratégie optimale. Par exemple, le rendement d'une parcelle de maïs peut être estimé en fonction de différents scénarios climatiques et de différentes stratégies d'irrigation [3]. Il est ainsi possible de choisir la stratégie qui conduit aux meilleurs résultats sur l'ensemble des scénarios climatiques. Les modèles interviennent également dans l'étude de l'impact du changement climatique sur l'apparition ou le développement de pathogènes. Ces projections à moyen ou long termes facilitent et orientent le raisonnement de la sélection variétale, voire celui des systèmes de culture.

[1] Le « big data », ou méga-données, se caractérise par l'exploitation d'un volume très important de données de nature variée, notamment pour bâtir des prédictions.  
 [2] Données ouvertes et livres d'utilisation, voir Perspectives Agricoles n° 426, octobre 2015, p 61.  
 [3] Outil « LORA », voir Perspectives Agricoles n° 421, avril 2015, p. 14.



Combinés aux prévisions météorologiques, les modèles agronomiques donnent la possibilité d'anticiper les évolutions du système de culture.

© ARVALIS - Institut du végétal

François Piroux - f.piroux@arvalisinstitutduvegetal.fr  
 Emmanuelle Gourdain - e.gourdain@arvalisinstitutduvegetal.fr  
 ARVALIS - Institut du végétal