

Point de vue

Comment les capteurs dans les champs accompagnent la transformation numérique en agriculture et pour quelle valeur ajoutée ?

En surveillant différents paramètres-clés des cultures, voire en diagnostiquant l'état de la végétation, les objets connectés peuvent permettre aux exploitants de produire mieux et en quantité... pour de meilleurs bénéfices. Dans ce focus, Guillaume Fernandez, directeur de la société Agriscope, illustre le sujet en s'appuyant sur trois exemples d'utilisation de réseau de capteurs dans les parcelles agricoles.

Le numérique pour raisonner les traitements contre la tavelure du pommier

La tavelure du pommier nécessite un grand nombre de traitements phytosanitaires, de dix-sept à vingt-cinq par an suivant la région. Pour répondre aux exigences croissantes des consommateurs vis-à-vis de l'usage des pesticides, les metteurs en marché (intermédiaires entre les producteurs et les commerciaux) demandent de nouvelles garanties sur les conditions de production et de traitement des vergers. Concrètement, cela se traduit par des contrats labellisés, indexés au nombre de traitements et par des contrôles renforcés après la récolte. Ces contrats sont réactualisés chaque année, avec de plus en plus d'exigences vis-à-vis des traitements phytosanitaires. Dans ce contexte, des groupes de producteurs se sont organisés pour modifier progressivement leurs pratiques en limitant les risques économiques pour leurs cultures. Ils ont pour cela investi dans des objets connectés (capteurs de température, de durée d'humectation des feuilles, d'hygrométrie, de pluviométrie, etc.) et des modèles et des systèmes d'information innovants afin de partager l'information sur la tavelure en temps réel à l'échelle d'un bassin de production. Le système distribue des informations personnalisées aux producteurs et à leurs conseillers en temps réel. L'information est hiérarchisée. Les conseillers disposent de l'ensemble des informations disponibles pour avoir une vision globale du territoire (figure ❶).

La transformation numérique s'applique ici à une échelle collective. Cette opération s'effectue alors en plusieurs phases échelonnées dans le temps (figure ❷). Elle s'appuie sur un ensemble de technologies suffisamment souples, disponibles, adaptables pour que la production d'information puisse se fondre dans les usages des acteurs et des métiers.

Les phases de transformation du processus de production, à grand renfort de partage d'informations,

permettent aux producteurs du territoire de raisonner progressivement leurs applications de produit phytosanitaire, en retardant les premiers traitements, puis en réduisant les modalités d'application, voire en choisissant des types de produits différents. Il est commun d'économiser un ou deux traitements par an sans prise de risque sur le plan sanitaire importante. Ainsi, pour une exploitation de cent-cinquante hectares de pommiers, un passage de traitement coûte à l'exploitation environ cinq mille euros, ce qui selon le niveau d'équipement de l'exploitation rentabilise en un an l'investissement initial.

En acquérant une meilleure connaissance des paramètres météorologiques et agronomiques de leurs parcelles, ces outils innovants permettent de mieux répondre aux exigences du marché et de fidéliser durablement les contrats d'achats. Les producteurs disposent également d'un ensemble de données sur le comportement de leurs parcelles qui peut à plus ou moins long terme leur permettre de définir de nouvelles stratégies de production.

Le numérique pour mieux gérer l'irrigation dans les parcelles

De bonnes pratiques d'irrigation permettent d'améliorer la qualité des produits (calibre, taux de sucre, capacité au transport) et au final leur valeur marchande établie dans le contrat qui lie le producteur au metteur en marché. De plus, certains labels demandent une utilisation responsable de l'eau, et donc le respect de bonnes pratiques d'irrigation, en particulier le raisonnement des volumes et des intervalles d'irrigation. Les capteurs connectés et leurs services de visualisation sont des outils qui renforcent la précision du pilotage et du contrôle de l'irrigation :

- le pilotage détermine la quantité d'eau nécessaire à la plante. Il s'agit de déterminer les besoins en eau de la culture, en fonction de son stade phénologique et de l'objectif souhaité de production. La recherche du coefficient cultural Kc de plus en plus précis est d'ailleurs un sujet stratégique, souvent confidentiel ;

- le contrôle consiste à vérifier que les quantités d'eau nécessaires sont arrivées à destination, c'est-à-dire à la plante. Il consiste à agir sur les paramètres hydrauliques de l'irrigation : débit, pression, ressource en eau partagée...

Le contrôle du réseau d'irrigation en goutte à goutte par des pressostats

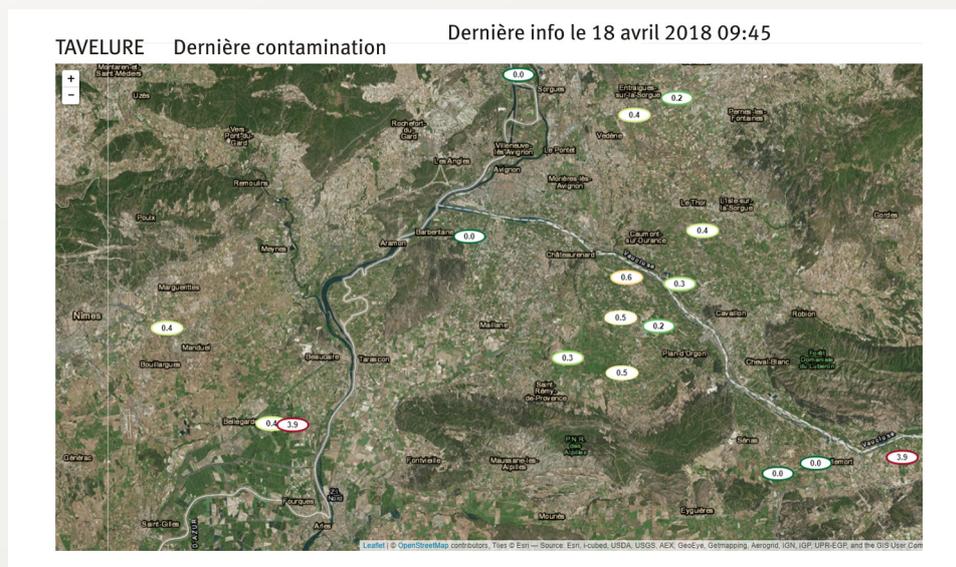
Un réseau d'irrigation en goutte à goutte est un ensemble complexe à construire et à piloter. En effet, ce type de réseau partage en général une source d'eau unique à la capacité limitée. Le fonctionnement nominal des goutteurs dépend essentiellement de la pression d'eau dans les tuyaux. Si toutes les parcelles sont irriguées en même temps, la pompe ne sera pas en mesure de fournir la pression d'eau nécessaire, et l'irrigation ne fonctionnera pas. Il faut donc synchroniser la mise en pression de chaque parcelle, ou groupe de parcelles, afin de partager la ressource.

Cette synchronisation se fait par des programmes d'électrovannes qui répartissent la pression dans chaque groupe de parcelles. Si une électrovanne ne se referme

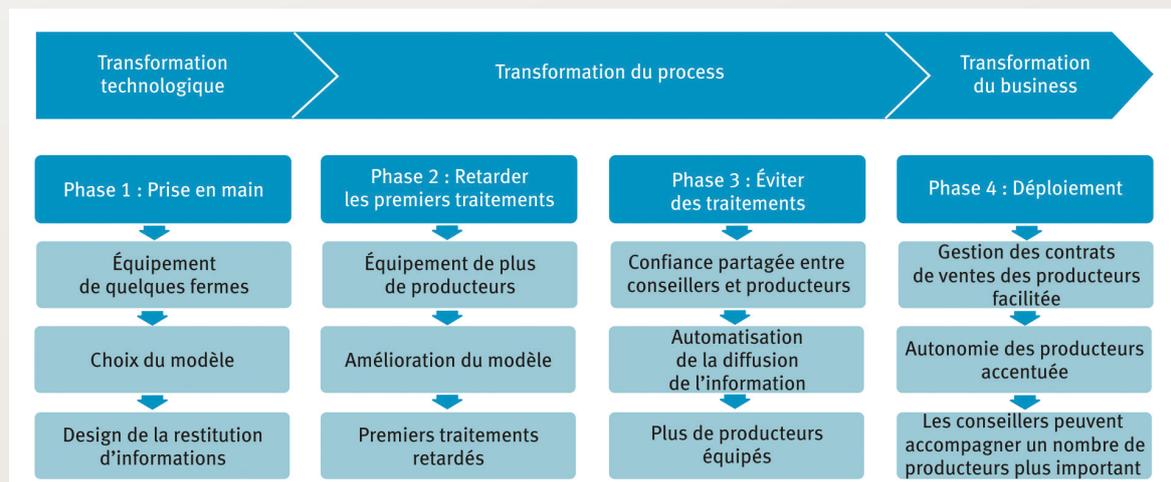
pas (par exemple, pour un problème mécanique, une erreur de programmation, une fuite ou pour toute autre raison), les autres parcelles ne bénéficieront pas d'une pression suffisante. L'irrigation ne se réalisera pas comme prévu. Il est donc important de détecter des erreurs de ce type au plus tôt pour limiter les pertes.

L'appréciation visuelle du verger permet de détecter un problème d'irrigation, mais elle intervient généralement trop tard. Il faut par exemple plusieurs jours pour que le stress hydrique soit visible. Or durant cet intervalle de temps, l'arbre n'a pas pu se développer comme le producteur le souhaite. Une autre solution consiste à équiper chaque groupe de parcelles d'un capteur de pression (ou pressostat) connecté à un data service qui envoie chaque jour un rapport à l'exploitant par email. Ce rapport synthétise les temps d'irrigation sous forme d'un diagramme de Gantt, facilement interprétable (figure 3). De cette façon, l'exploitant est régulièrement alerté d'un problème de dysfonctionnement du réseau d'irrigation dans ses parcelles et il peut agir en amont afin de ne pas compromettre les récoltes à venir... et son revenu.

1 Cartographie en temps réel du risque de contamination à la tavelure à l'échelle de pommier d'un territoire.



2 Les différentes étapes du processus de transformation numérique.



► Le pilotage de l'irrigation par dendromètre

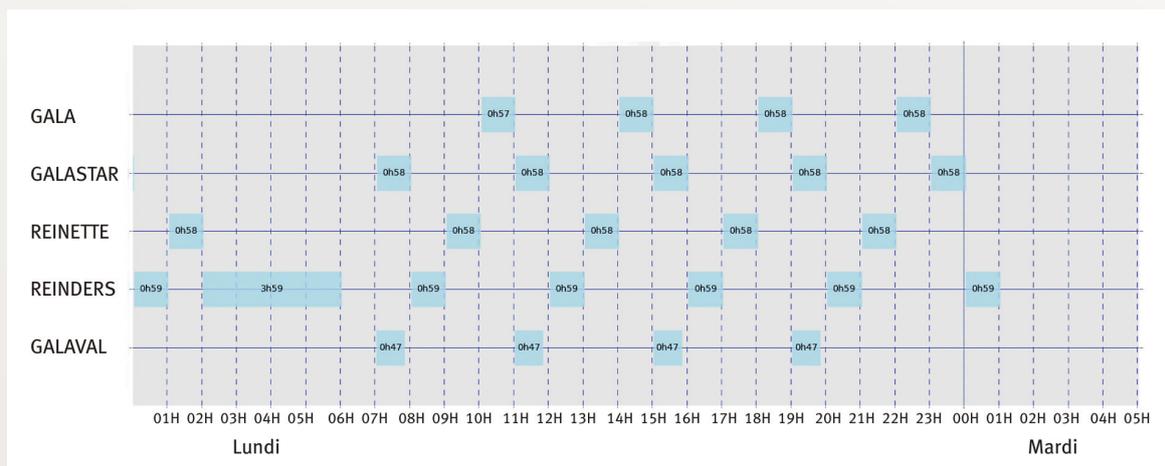
L'usage de dendromètre connecté permet aujourd'hui d'évaluer et de suivre le stress hydrique d'une plantation et de gérer finement les apports d'eau à la parcelle. Ce type de capteur mesure automatiquement les variations quotidiennes des diamètres de tiges ou de branches. La courbe (figure 4) se présente sous une forme pseudo-sinusoidale, avec des amplitudes qui dépassent rarement 0,4 mm (400 µm) pour le pommier, l'abricotier et la vigne. L'œil d'un expert est en mesure de déterminer rapidement l'état hydrique de chaque arbre à la lecture de la courbe. Il base son analyse sur l'amplitude journalière, l'évolution des maximums, des minimums, la forme de la courbe aux minimums et d'autres critères un peu plus complexes. Cependant, en période de pleine production, il y a rarement un expert disponible chaque jour pour évaluer l'état hydrique d'un ensemble de parcelles instrumentées.

Une solution est d'utiliser des algorithmes d'apprentissage automatique (ou *machine learning*), basés sur des données statistiques de milliers de jours de dendrométrie. L'objectif est de reproduire la lecture de l'expert et de synthétiser l'information par exemple par des codes couleurs (figure 5).

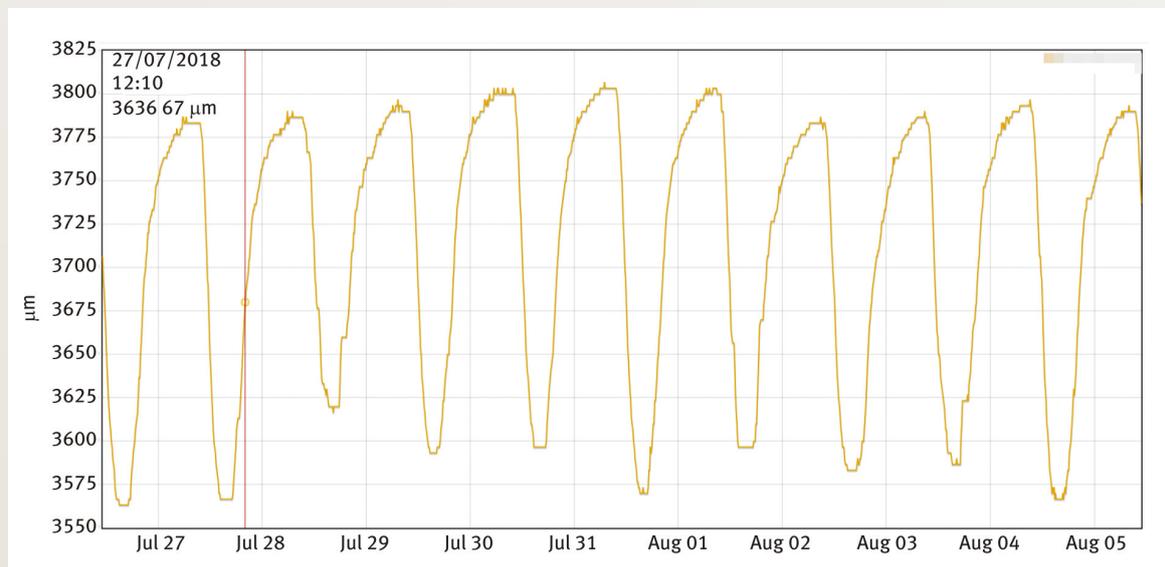
L'ALDD (Assistant de lecture des données des dendromètres) utilise des arbres de décision de classification, utilisés notamment en fouille de données et en apprentissage automatique.

L'algorithme produit chaque jour plus d'une dizaine de propriétés plus ou moins complexes (figure 6), dont le but est de caractériser la forme quotidienne de la courbe. Par exemple, l'algorithme calcule chaque jour l'amplitude de la courbe et la valeur maximale et minimale. Il définit la variation des maximums/minimums avec la journée N-1, la moyenne glissante sur trois jours de l'amplitude, la moyenne glissante sur sept jours des maximums, les heures du maximum, les heures du minimum, ainsi que des propriétés spectrales qui caractérisent la forme de la courbe.

5 Suivi de l'irrigation des différentes parcelles de pommiers retranscrit sous la forme d'un diagramme de Gantt envoyé par emails quotidiens.



4 Courbe de dendromètre brute pour suivre les variations quotidiennes des diamètres de tiges ou de branches.



La seconde phase de l'algorithme consiste à classifier l'état hydrique de la plante en fonction des propriétés générées. Pour cela, il dispose d'arbres de décisions générés initialement sur un jeu de données supervisé par un expert.

Au final, pour un dendromètre donné, l'algorithme est en mesure de déterminer quotidiennement à quelle « classe » appartient la courbe de dendromètre et ainsi d'indiquer l'état de stress hydrique de la plante (figure 5).

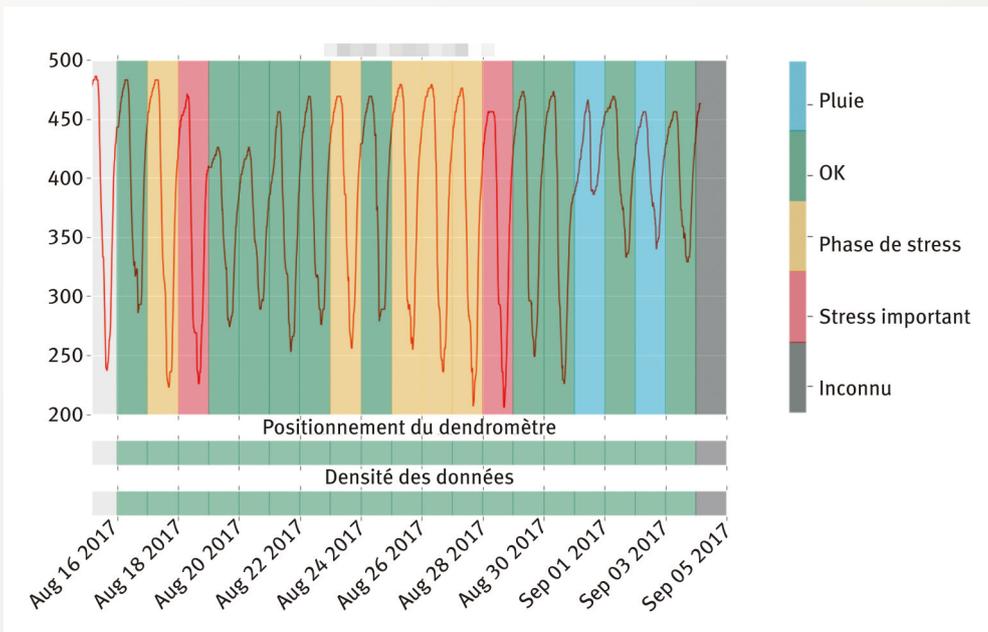
L'expérience ce type d'algorithme montre un score de 78% de prédiction correcte. Le résultat n'est pas parfait. Cependant l'idée n'est pas de remplacer une compétence, mais plutôt de la soulager sur les cas les plus simples, et ainsi libérer du temps pour les cas les plus ambigus. Avec ces outils, l'expert peut suivre un nombre plus important de parcelles, et donc diffuser son expertise sur un plus grand nombre d'exploitations. ■

1 AGRISCOPE EN BREF

Depuis 2008, Agriscope conçoit, produit et vend des objets connectés pour l'agriculture, de la petite exploitation jusqu'aux grandes organisations exploitant des fermes de production végétale dans plusieurs pays. Afin de proposer la meilleure solution technologique en fonction de la configuration des exploitations agricoles, l'entreprise dispose d'une technologie de relevé de donnée interoperable avec les systèmes de communication existants (Radio Long range propriétaire, GPRS, SIGFOX, et LORA WAN) ou futurs (LTE-M et NB-IoT). La genericité de la technologie Agriscope permet de proposer une large bibliothèque de capteurs de types différents, permettant de répondre à la diversité des besoins. Enfin, Agriscope conçoit et vend les services logiciels sous la forme d'applications web, d'applications natives, d'applications smartphone, de serveurs, ainsi que par des environnements de développement dédiés. Agriscope est également fournisseur de solutions IOT pour la recherche agronomique française (INRA) et suisse (AGROSCOPE).

En savoir plus : <http://www.agriscope.fr/>

5 Courbe dendromètre instrumentée par l'algorithme ALLD (Assistant de lecture des données des dendromètres).



L'auteur

Guillaume FERNANDEZ

Agriscope,
404 rue Antoine de Saint-Exupery,
F-34130 Maugeio, France
guillaume.fernandez@agriscope.fr

6 Exemples de propriétés générées par l'algorithme ALDD : à gauche : évolution des moyennes glissantes ; au centre, rapport des amplitudes des raies spectrales principales du signal ; à droite, évolution des heures du maximum et minimum du signal.

