

**D**OSSIER

# AGRICULTURE 4.0



## Les enjeux de l'agriculture moderne

**E**n mars dernier avait lieu le Salon de l'agriculture. Cette année encore, l'affluence a battu des records avec près de 700 000 visiteurs. Il existe une passion toute française pour les nourritures terrestres, et en France plus qu'ailleurs l'art de vivre sublime le besoin de s'alimenter. C'est cet attrait de l'authentique, la recherche du plaisir gustatif mais aussi l'attrance pour le monde rural qui, chaque année, font de ce salon un rendez-vous à ne pas manquer.

En même temps, dans les campagnes, les transformations profondes continuent. Alors qu'en 1945, dix millions d'agriculteurs nourrissaient quarante millions de Français, aujourd'hui 350 000 exploitations produisent, vendent et exportent céréales, viandes ou vins. L'agro-alimentaire est la première industrie française avec un chiffre d'affaires de 165 milliards d'euros annuel. C'est un secteur qui sait changer, s'adapter et surtout se moderniser. Le numérique est-il la prochaine étape des changements du monde agricole ?

Les défis que rencontre l'agriculture aujourd'hui sont immenses. Il faut nourrir une population humaine en forte croissance, alors que 95 % des terres cultivables sont déjà en exploitation. À cela s'ajoutent des changements climatiques qui vont forcément bouleverser le secteur. Les agriculteurs doivent également intégrer les défis sociaux : produire plus, à bas prix et de plus en plus en agriculture biologique ou raisonnée. Enfin, les Français sont très attachés à une agriculture peu industrialisée, artisanale tout en étant exportatrice, où les exploitations sont rentables sans pour autant être des « usines à vaches ».

Le numérique est-il une solution à cette équation complexe ? Ce dossier présente de nombreuses initiatives, start-up, idées et projets pour accompagner la numérisation du monde agricole et du secteur alimentaire. Les agriculteurs sont devenus des paysans chefs d'entreprise et des ingénieurs du vivant, connectés et numérisés. Les drones, les fermes digitales, la traçabilité numérique sont des outils en plein boom. Dans les campagnes, la révolution digitale est en cours et ce dossier va vous donner un aperçu de ces changements foisonnants. ■



Olivier Pasquier (MS 16),  
membre du groupement Numérique, coordinateur de ce dossier  
avec Céline Jacquot, rédactrice en chef adjointe

## Sommaire

- p 20 L'agriculture révolutionnée par le numérique**  
Olivier Pasquier (MS 16)
- p 23 La Ferme Digitale**  
Céline Jacquot
- p 24 Les start-up du monde agricole**  
Céline Jacquot
- p 26 Agriculteurs et connectés**  
Mickael Jacquemin et Cyrille Champenois
- p 27 Les drones au service de l'agriculture de précision**  
Géraldine Henrion et David Miret (10)
- p 28 L'actualité technologique de la traçabilité dans l'alimentaire**  
Jean-Luc Viruega
- p 31 Le numérique au service du monde végétal**  
Paul-Henry Cournède (97) et Marie-Joseph Lambert
- p 32 La ferme urbaine verticale, intelligente et connectée**  
Patrice Aubinaud et Romain Mathonat

# L'agriculture révolutionnée par le numérique



**Face aux défis de l'agriculture – nourrir une population toujours croissante tout en restant rentable et éthique – la solution pourrait bien être technologique. L'agriculture 4.0 intègre aujourd'hui aussi bien les tracteurs pilotés par GPS et les drones dans les champs que les dernières avancées sur l'intelligence artificielle et le big data. Des progrès qui soulèvent à leur tour des questions. Le point avec Olivier Pasquier (MS 16), consultant en marketing stratégique et business développement et membre du groupement Centrale Numérique.**

L'agriculture vit une révolution silencieuse dont les enjeux sont immenses. La population humaine croît globalement, il faut la nourrir alors que les terres agricoles s'appauvrissent sous l'effet des changements climatiques, de la pollution et/ou de l'étalement urbain. Les exploitations agricoles sont des entreprises à qui on demande d'être rentables, de produire en qualité à des prix les plus bas possibles tout en respectant l'environnement. Dans un contexte de mondialisation accrue, le challenge est-il même possible ? Les débats français autour de la crise du lait, de la ferme des mille vaches ou les manifestations régulières des producteurs démontrent les tensions et les attentes autour du monde agricole.

Face à ces défis, la solution est peut-être technologique. En intégrant les avancées de l'IoT, du big data, des drones, de l'intelligence artificielle, on peut imaginer une révolution numérique agricole autour de l'agriculture de précision. Plutôt que de traiter une exploitation de façon globale, on pourrait ainsi faire une analyse fine des parcelles et des sols pour ajuster la quantité d'engrais,

de désherbant ou encore d'irrigation. Idéalement, les données agricoles seraient « récoltées » sur place par des capteurs IoT, remontées sur une plateforme cloud qui les analyserait, formulerait des recommandations d'action qui seraient mises en œuvre par des robots dans les champs. Ce tableau d'ingénierie idéale, s'il reste un projet de moyen terme, permet de déployer des innovations passionnantes. C'est l'émergence de l'agriculture 4.0, c'est-à-dire la rencontre entre production traditionnelle et intégration numérique.

## **Un virage numérique dès les années 1980**

La numérisation du monde agricole n'est toutefois pas nouvelle. Depuis les années 1980, le monde agricole a intégré les évolutions du monde numérique. Aux origines, la Commission européenne recevait par Minitel les demandes de subvention de la PAC. Aujourd'hui près de 80 % des agriculteurs utilisent Internet quotidiennement dans leur exploitation. Dans cette filière très organisée, les politiques publiques ont toujours poussé à la numérisation. Les différentes évolutions



sols, la croissance des plantes ou autres paramètres divers, qui toutes permettent de fournir des données agrégées analysant finement les situations locales d'une exploitation. La disponibilité des réseaux de transport d'information, en 4G ou en bas débit, crée des opportunités pour intégrer automatiquement ces données à des modèles globaux. Les paradigmes du big data permettent d'envisager de nouvelles avancées dans la numérisation du monde agricole. Des drones et des robots autonomes sont déjà testés par des start-up au sein d'exploitations agricoles.

Si la fameuse ferme des mille vaches reste un sujet de débat social, ce type de projet, qui existe dans d'autres pays, est une réussite d'ingénierie. Les vaches sont suivies par des capteurs de poids, leur nourriture est adaptée, leur traite est robotisée, les étables sont nettoyées par des robots qui vont retraiter automatiquement les déchets pour produire du biogaz. Bref, l'exploitation moderne s'industrialise grâce aux progrès du numérique.

### De nouveaux challenges à relever

Aller vers une agriculture 4.0 présente toutefois de nombreux défis. Les agriculteurs ont su s'adapter aux différents défis posés par les évolutions de leur secteur. De paysans, ils sont devenus chefs d'entreprise, endossant même parfois le costume de chargés de gestion de l'environnement ou encore de spécialistes du vivant. Doivent-ils également devenir des ingénieurs informaticiens ? C'est la question que de

nombreux agriculteurs se posent tant les évolutions dans ce domaine vont bon train. Or, comme dans l'industrie et les services, les outils numériques agricoles doivent obéir à une double logique d'usage simplifié et de rentabilité à court terme. Techniquement de nombreux challenges restent à relever. Les campagnes sont souvent peu pourvues en réseau 4G. Quant aux outils numériques, ils doivent être adaptés aux conditions agricoles (froid, chocs...) pour pouvoir être embarqués sur des tracteurs. Économiquement, l'équation de l'agriculture 4.0 est d'autant plus complexe qu'elle doit faire face à des exploitations endettées, à faible marge et souvent isolées.

D'autre part la consommation des produits évolue, poussée par les révolutions sociales. Chaque consommateur voudrait être informé en temps réel de l'origine des produits qu'il consomme, et demande sécurité, traçabilité parfaite et production respectueuse de l'environnement tout en cherchant les prix bas lors de l'acte d'achat. La distribution agricole est aussi bouleversée par les nouveaux modes de consommation et l'économie collaborative. Les circuits courts, les Amap, les groupements d'achat en circuit court sont en forte croissance, alors que les ventes en très grande surface diminuent. Les consommateurs désirent commander sur leur téléphone portable et privilégient de plus en plus des critères loin de ceux de la production industrielle, d'écologie, de bio ou de producteurs locaux.

L'agriculture 4.0 est bien en train de naître. L'intégration du big data, de la robotisation et les circuits courts de distribution inventent un nouveau monde agricole capable de répondre aux défis modernes d'écologie, de rentabilité et de production. Les modalités pratiques de l'existence de l'agriculture 4.0 sont encore à définir. À bien des égards, il s'agit d'une question d'ingénierie. Il faut pouvoir intégrer les outils présents, les innovations, dans un contexte économique complexe pour assurer une production rentable et de qualité. L'avenir n'est donc pas écrit, il est en train d'être inventé et c'est absolument passionnant ! ■

de la PAC comprenaient leur part d'aides à l'informatisation. Aujourd'hui encore, l'État français édite des plans pour fédérer les initiatives dans ce domaine, comme le plan « Agriculture Innovation 2025 ».

Comme dans l'industrie, la numérisation a commencé par les tâches de gestion, et en tout premier lieu la comptabilité. Puis la vogue des ERP dans l'industrie a connu son parallèle dans les exploitations. Le leader du secteur Isagri a ainsi plus de 150 000 clients en France. Ensuite, dans les années 2000, les outils de production ont intégré des technologies modernes, la moitié des tracteurs ont par exemple aujourd'hui des modules GPS. Si une agriculture parfaitement 4.0 est encore une vision lointaine pour la plupart des exploitations, l'agriculture numérique est d'ores et déjà une réalité quotidienne.

### Vers une révolution des pratiques

Cette agriculture 4.0 émerge sous l'effet de nouvelles pratiques et de nouveaux paradigmes. Les prix des capteurs digitaux ont énormément baissé. On voit des tas d'initiatives pour mesurer la qualité des



**Olivier Pasquier (MS 16)**

Biochimiste formé par la recherche et diplômé du master SIO de Centrale Paris,

il a longtemps travaillé dans les biotechnologies et notamment dans l'alimentaire. Il exerce aujourd'hui une activité de consultant en marketing stratégique et business développement des innovations technologiques à la croisée du numérique et du vivant. Il est membre de Centrale Numérique.

# KS SERVICES



**«Faire ensemble,  
extraordinairement bien, des choses ordinaires»**

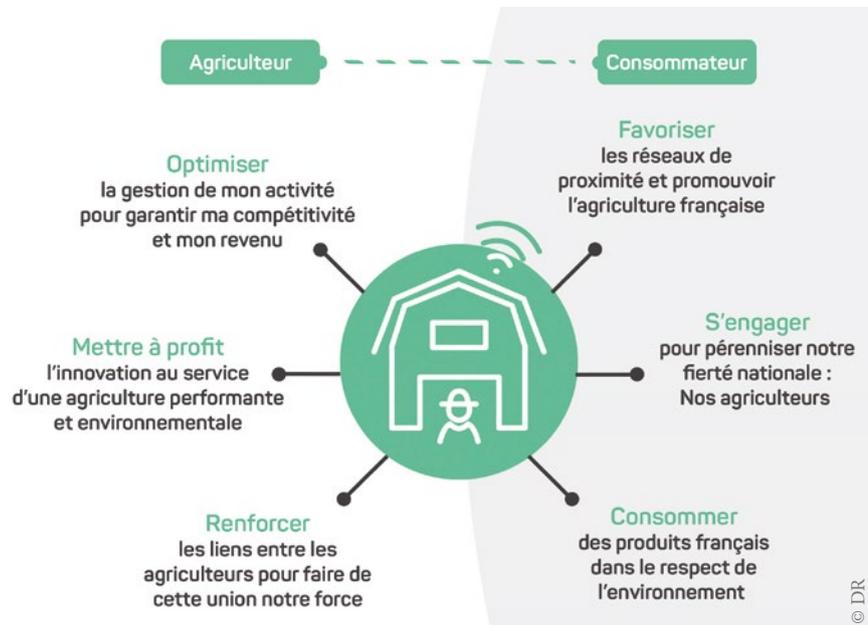
[www.ks-services.com](http://www.ks-services.com)

0825 560 020 (0,15 € / min + prix appel) | [contact@groupeks.com](mailto:contact@groupeks.com)

Logistique Industrielle - Logistique de Chantier - Logistique de Distribution  
Services Généraux - Accueil Physique & Téléphonique - Accueil Événementiel

# La Ferme Digitale

**Née en février 2016 à l'occasion du Salon international de l'agriculture, La Ferme Digitale est une association loi 1901 regroupant vingt-quatre start-up ayant pour objectif de promouvoir le numérique et l'innovation au service d'une agriculture citoyenne, performante et durable. Ces jeunes pousses partagent des valeurs communes centrées autour de l'innovation, la transparence et le pragmatisme. Explications.**



« Réunir les agriculteurs et les consommateurs grâce à l'innovation »

Cinq jeunes entrepreneurs, tous passionnés et issus du monde agricole, se sont regroupés et ont ensemble créé la première association de start-up spécialisées dans l'AgTech ! Convaincus que le numérique permet de soutenir la compétitivité et le quotidien des agriculteurs, les fondateurs

d'Agriconomie, Ekylibre, MiiMOSA, Monpotager.com et Weenat souhaitent unanimement faire bouger les lignes d'un secteur innovant dont la France, grande puissance agricole mondiale, peut être fière. Après seulement deux ans, l'association regroupe vingt-quatre jeunes entreprises intervenant

chacune à un moment précis du cycle de vie agricole (voir l'article en page 24). De l'approvisionnement à la consommation en passant par le financement participatif ou encore l'alimentation animale à base d'insectes, chacune de ces start-up joue un rôle spécifique et impacte directement la pérennité de ce secteur. L'association, soutenue par de nombreux partenaires et « amis », poursuit un double objectif : créer une communauté d'acteurs dont la volonté est de faire progresser le secteur agricole grâce à la recherche et l'innovation, et rapprocher les consommateurs et les agriculteurs grâce aux technologies du numérique.

« L'union fait la force », tel est leur credo, reflet d'une logique indéniable et d'un esprit d'entraide et de communauté sans faille. Vingt-quatre entreprises réunies sous un même blason pour communiquer d'une seule voix auprès des agriculteurs et des citoyens, c'est inédit. La Ferme Digitale est présente tout au long de l'année sur diverses manifestations, mais a initié l'an dernier une journée entièrement dédiée à l'AgTech. Le LFDday aura lieu pour la deuxième fois le 12 juin 2018 au cœur de la Cité des sciences et de l'industrie de Paris. ■



# Les start-up du monde agricole

**Vitrine des évolutions du monde agricole, le Salon international de l'agriculture (SIA) a créé depuis 2016 un espace consacré aux start-up numériques : Agri'4.0. Espace qui n'a cessé de grandir, témoignant de la vitalité du secteur. Lors de la dernière édition, en mars dernier, une vingtaine de ces start-up avaient fait le déplacement. Du cofarming à la robotique, des plateformes de gestion aux capteurs et boîtiers intelligents, petit tour d'horizon des possibilités offertes par le secteur de l'agri-tech.**

## Des robots à la ferme



Oz, le robot de désherbage des cultures en ligne, développé par Naïo Technologies.

Ils s'appellent Oz, Dino, Ted... Ce sont des robots. Conçus par le toulousain Naïo Technologies, premier fabricant français de robots agricoles, leur mission est d'aider les exploitants (maraîchers et viticulteurs) dans leurs travaux de désherbage, de binage et de récolte des fruits. « Nos robots sont conçus pour assister les agriculteurs dans leurs tâches quotidiennes afin d'alléger la charge de travail et d'optimiser la rentabilité des exploitations tout en limitant l'impact environnemental », souligne Aymeric Barthes, président et cofondateur. La start-up, qui se développe aujourd'hui à l'exportation, vient de signer un accord avec un distributeur au Japon.

## Des plateformes de gestion pour les agriculteurs managers

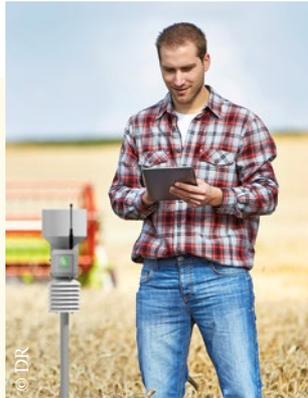
Interactives, personnalisables, les plateformes de gestion sont de plus en plus utilisées par les agriculteurs. Mais pour séduire ces derniers, elles doivent répondre à deux prérequis : la simplicité d'utilisation et la performance. C'est toute la promesse d'Ekylibre. Née de l'ambition de deux jeunes talents, David Joulin et Brice Texier, cette start-up développe des outils open source à destination du monde agricole pour permettre une gestion plus efficace et plus simple des exploitations. Son ambition est de proposer encore plus de services avec la connexion de modules complémentaires (boîtier et/ou capteurs connectés, station météo, plateformes web...) afin d'atteindre l'objectif tant convoité de la « zéro saisie ».

Aider les agriculteurs à reprendre leur casquette de chef d'entreprise, tel est également l'objectif de Pilotersaferme.com, la toute première plateforme de robot-conseil en agriculture dédiée à la gestion du risque prix. « Depuis dix ans, les agriculteurs doivent faire face à la variabilité des prix agricoles, à des aléas climatiques de plus en plus fréquents et à une hausse du coût de production des denrées produites. Notre outil a été conçu pour leur redonner de l'autonomie et les aider à gérer ces variables, explique Sylvain Jessionesse, cofondateur de la plateforme. Les outils d'intelligence artificielle sont l'un des leviers pour piloter les exploitations, manager les risques et répondre aux enjeux de l'agriculture française : produire plus, mieux et avec moins. »



### Capteurs et boîtiers connectés : vers une révolution des pratiques agricoles

Les objets connectés commencent à envahir le secteur du monde agricole. On les trouve partout, dans les champs, sur les clôtures et le matériel agricole. De nombreuses start-up se sont lancées sur ce créneau de l'agriculture connectée, avec une promesse : aider les exploitants à gagner en productivité. Fondée en 2016 par un agriculteur, Antoine Dequidt, et un informaticien, Alexandre Cuvelier, la start-up lilloise Karnott a développé un boîtier pour simplifier la mutualisation des machines agricoles. Grâce à la combinaison de données (temps, distance et surface), ce « carnet de notes connecté » permet aux agriculteurs et viticulteurs de mieux suivre leurs interventions (surface travaillée, temps d'utilisation, parcours effectué...) et aux ETA (entreprise de travaux agricoles) et Cuma (coopératives de matériel agricole) de disposer d'une traçabilité complète et fiable de leur matériel. Dans les champs, la technologie des capteurs connectés permet aux exploitants de mieux piloter le suivi des cultures et les récoltes.



Le capteur Weenat, outil de météo connectée et d'agronomie.



Carbon Bee, le capteur pour la détection des maladies des plantes (ici dans une vigne).

Weenat est l'une de ces start-up emblématiques de l'agritech. Créée en 2014 par l'entrepreneur Jérôme Le Roy, elle propose des capteurs aux fonctionnalités diverses (pluviométrie, tensiométrie du sol, hygrométrie de l'air, température du sol et de l'air) et géolocalisés. Combinés à des solutions logicielles, ils permettent de piloter les interventions sur les cultures avec une prévision météo à la parcelle. Autre start-up à proposer des solutions d'agronomie de précision, Carbon Bee AgTech conçoit des outils de détection précoce de maladie et d'adventices permettant d'anticiper et d'améliorer la qualité des productions agricoles. Lancée en 2015 par Gérald Germain, développeur et fils d'agriculteur, cette solution

utilise des capteurs permettant d'analyser la lumière réfléchie par les plantes (imagerie hyperspectrale) combinés à un logiciel utilisant les méthodes de deep learning. Cet outil peut être monté sur drones, tracteurs ou encore smartphones.

Lauréate 2017 du prix Agri-Startup-Summit (événement international réunissant des start-up agricoles), Pampaas s'est spécialisée dans la création d'objets connectés pour les pâtures. « Une de nos solutions permet par exemple de surveiller l'état de la clôture et, grâce à un système d'alerte, d'en garantir le fonctionnement », explique Philippe Legris, cofondateur de la start-up. Conçu à la base pour les alpages, là où il n'y a pas de réseau téléphonique, ce dispositif permet d'assurer la sécurité des animaux, de faire face aux attaques des ravageurs ou aux incivilités humaines (ouverture des clôtures).



Le boîtier Pampaas pour surveiller les clôtures.



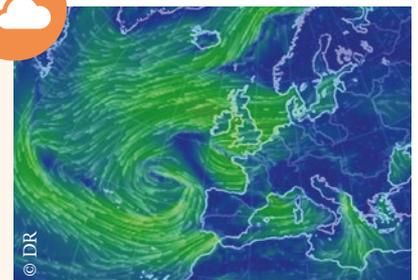
### Le cofarming ou l'entraide agricole à l'ère du 4.0

Que ce soit pour l'échange de parcelles (voir article page suivante) ou la mutualisation du matériel, le cofarming s'appuie sur les capacités d'intermédiation d'Internet pour favoriser les relations entre les agriculteurs. VotreMachine.com est l'une de ces plateformes d'économie collaborative. Mise en ligne en octobre 2015, elle a été créée par des agriculteurs avec pour objectif principal de baisser leurs coûts de mécanisation tout en leur apportant de nouveaux revenus. Le concept simple consiste à louer son matériel agricole à un tiers (agriculteur, entreprise de travaux agricoles ou publics, collectivité ou particulier), sachant que VotreMachine.com le fait réassurer, sécurise le paiement, fournit le contrat de location et tous les documents nécessaires à l'état des lieux. Le site propose même un système de géolocalisation et une assurance contre le vol.

Autre plateforme numérique agricole, Agrifind est un site de prestations de conseils en agriculture lancé au printemps 2017 par deux ingénieurs de formation, Gilles Cavalli et Sébastien Roumegous. Sorte de « Bon Coin » agricole, il permet aux agriculteurs d'échanger leurs bonnes pratiques. On y trouve ainsi des annonces diverses : conseil en foncier agricole ou en gestion d'exploitation, en production animale ou végétale, en commercialisation ou encore en audit de certification phytosanitaire.

### La data science au service de la prévision météo

Pour planifier la pulvérisation de ses parcelles, les journées de récolte ou encore sortir le bétail au bon moment, les agriculteurs et éleveurs disposent aujourd'hui d'outils météorologiques d'aide à la décision qui leur permettent de prévoir un certain nombre d'interventions en fonction des conditions climatiques. Fondée en 2015 à Clermont-Ferrand par Emmanuel Buisson, docteur en physique de l'atmosphère, Weather Measures propose un service de fourniture de données météorologiques multisources (Météo France, satellites, réseaux de capteurs au sol, modèles numériques), intégrant tous les paramètres utiles en agriculture, y compris le rayonnement et l'ETP (évapotranspiration potentielle). « On utilise la data science pour reconstruire une donnée météo de précision à la parcelle, et permettre ainsi à l'agriculteur de piloter avec plus de finesse ses activités », précise Emmanuel Buisson.



Mapping de la vitesse et de la direction des vents pour l'hémisphère nord réalisé par Weather Measures.

# Agriculteurs et **connectés**



## **Mickael Jacquemin**, agriculteur et start-uper

Mickael Jacquemin est agriculteur à Lignon, dans la Marne. En novembre 2016, il a lancé [echangeparcelle.fr](http://echangeparcelle.fr), une plateforme gratuite destinée à résoudre le problème de l'éloignement des parcelles.

### **Qu'est-ce qui vous a poussé à lancer [echangeparcelle.fr](http://echangeparcelle.fr) ?**

À la tête d'une exploitation agricole et d'une entreprise de travaux agricoles travaillant sur 750 ha, je suis amené à faire de nombreux kilomètres pour exploiter les champs disséminés. Bien que des échanges de parcelles se fassent déjà entre connaissances, je me suis dit qu'avec Internet et la puissance des algorithmes, les opportunités pouvaient être multipliées. C'est la crise agricole et la nécessité de rechercher des solutions pour alléger les charges qui m'a poussé à créer [echangeparcelle.fr](http://echangeparcelle.fr) avec Vincent Barbier, spécialiste en nouvelles technologies.

### **Quels retours avez-vous eus de ses utilisateurs ?**

Nous avons eu de bons retours. Dans les Ardennes, suite à une présentation auprès d'adhérents de la FDSEA 08, une dizaine de personnes se sont dites intéressées et rassurées sur la simplicité d'utilisation du site. Certains ont bien compris l'intérêt en termes de gain de temps et

de compétitivité, comme Olivier Marcoult, viticulteur dans la Marne : « Avec un tel outil, on met nos moyens en commun ! Cela pourrait simplifier l'organisation du travail au sein de l'exploitation. La mise en relation des professionnels peut débloquer des tas de situations à problèmes. Il faut promouvoir de tels outils : les gens ne sont pas conscients des opportunités que cela peut offrir. »

### **L'avenir est-il aux agriculteurs connectés ?**

Oui, bien sûr. Cette nouvelle vague d'innovations autour du numérique et des objets connectés est nécessaire pour renouer avec la compétitivité et répondre aux attentes de la société (produits sains, locaux et pas trop chers, bien-être animal). Sur mon exploitation j'utilise plusieurs outils : un pour la traçabilité de mes cultures, avec [@MesParcelles](https://twitter.com/MesParcelles) des chambres d'agriculture, des stations météo connectées pour connaître les conditions sur mes parcelles éloignées, la plateforme *Piloter sa Ferme* pour la commercialisation des récoltes, sans oublier les outils de guidage sur les tracteurs.



## **Cyrille Champenois**, homme de réseaux

Faciliter les échanges entre agriculteurs et promouvoir le monde agricole, tel est l'objectif de [#FranceAgriTwittos](https://twitter.com/FranceAgriTwittos), un compte Twitter lancé en juin 2017 par Cyrille Champenois, céréalier à Saulces-Monclin, dans les Ardennes.

### **Comment est née l'idée du lancement de [#FranceAgriTwittos](https://twitter.com/FranceAgriTwittos) ?**

Le hashtag est née de la volonté de la communauté agricole et para-agricole de se rencontrer autour d'un moment convivial. En juin 2017, j'ai raté le salon Les Culturelles où plusieurs « tweet apéros » étaient organisés. Du coup j'ai lancé un sondage pour organiser notre propre compte Tweeter. Très vite, beaucoup de monde s'est dit intéressé par le projet. L'association est donc devenue impérative et lors de la rédaction des statuts, il était évident que nous étions tous des agricomunicants.

### **Quel est son objectif ?**

[#FranceAgriTwittos](https://twitter.com/FranceAgriTwittos) vise à faciliter les échanges et les rassemblements entre ses membres et à soutenir les actions de communication des agri/para-agri sur le réseau social Twitter pour une image plus positive et moderne de l'agriculture.

### **Quelle proportion a pris ce réseau aujourd'hui ?**

Aujourd'hui nous avons 140 adhérents cotisants issus des quatre coins de la France et un bureau représentatif de cette cartographie. Le compte, qui a aujourd'hui 3 600 followers, suit une progression très régulière depuis sa création en juin 2017.

### **Quels outils numériques utilisez-vous au quotidien ?**

Depuis le début de mon installation, j'utilise un logiciel de traçabilité « Atland » de Smag, mais aussi le GPS pour le guidage aux champs et, depuis 2018, le logiciel de gestion *Piloter sa Ferme*, une technologie d'intelligence artificielle au service de l'agriculteur qui permet de sécuriser les ventes de sa production.

# Les drones au service de l'agriculture de précision

**Fondée en 2010, Airinov a su s'imposer dans le domaine de l'agriculture de précision en développant la technologie agronomique par drone. Le survol de 150 000 hectares de céréales à paille et de colza par an permet de piloter au plus juste la fertilisation azotée de ces cultures pour « apporter la bonne dose au bon endroit et au bon moment ». Le point avec Géraldine Henrion, ingénieure affaires grands comptes pour Airinov.**



**Géraldine Henrion**

Ingénieure en agriculture, diplômée d'UniLaSalle campus de Rouen,

Géraldine a rejoint Airinov en 2016 comme ingénieure d'affaires grands comptes. Passionnée par le secteur agricole après une dizaine d'années dans ce domaine, elle s'est spécialisée dans le marketing et le commerce autour de l'innovation en agriculture.

**C'**est dans une grange du Poitou qu'Airinov a été créée en 2010 par un fils d'agriculteur et deux ingénieurs passionnés de drones. Airinov construit, alors, son premier drone : une aile fixe avec pilotage automatique. En 2011, avec l'aide de l'Inra, la start-up met en place le premier capteur multispectral adapté à l'analyse agronomique et se spécialise dans l'utilisation de l'imagerie aérienne par drone pour le suivi agronomique. En 2014, Airinov commence à commercialiser ses

services dédiés aux chercheurs et aux agriculteurs. La technologie se développe, les besoins évoluent, les drones utilisés se perfectionnent et s'allègent.

À cette époque, David Miret (10) est recruté pour contribuer au développement des outils internes de traitement d'images et de production. Au même moment, Parrot rentre au capital de la société en apportant son savoir-faire industriel en matière de drones.

et le colza, une à trois fois par an selon l'état de croissance de la plante. Le principe est simple : le capteur installé sur le drone prend des photos, mètre carré par mètre carré, afin d'estimer le développement végétatif de la plante. Ces photos, retravaillées sous forme de cartes de la parcelle survolée, présentent des zones distinctes de couleur matérialisant la quantité d'azote à apporter. L'apport d'engrais azoté se fait de façon très précise grâce à ce diagnostic agronomique. De plus, la modulation intraparcellaire avec du matériel d'épandage adapté améliore encore la précision. La carte fournie par Airinov est transformée en fichier GPS et intégrée dans le matériel.

Airinov commercialise ses services auprès de distributeurs : coopératives, négoce ou groupements d'agriculteurs. Elle dispose également d'un réseau de pilotes sur la France assurant les vols de drone tout au long de la campagne culturale.

Aujourd'hui, les pistes de développement sont nombreuses. L'agriculture en général a de nombreux challenges à relever. Les outils de pilotage et d'aide à la décision sont là pour accompagner les agriculteurs dans la conduite de leurs itinéraires culturaux. ■



**David Miret (10)**

Après une thèse de physique numérique pour DCNS, David choisit le monde

des start-up en rejoignant Airinov en 2014. Il y travaille comme informaticien et devient délégué du personnel. En 2017, il s'associe avec son ancien patron d'Airinov pour créer une nouvelle entreprise de drones, Clearance.

## Un outil de diagnostic et de préconisation

L'intérêt de ce capteur multispectral est d'observer les plantes dans quatre gammes distinctes de longueurs d'onde : vert, rouge, proche infra-rouge et red-edge. Il est muni d'un capteur de lumière pour corriger les variations. À partir de la « vraie » couleur obtenue après ces corrections, Airinov produit des cartes reprenant des informations agronomiques comme la biomasse, l'azote absorbé, la matière sèche...

La société fournit un conseil en fertilisation azotée (une préconisation sur la quantité d'azote à apporter) sur les céréales à paille

# L'actualité technologique de la traçabilité dans l'alimentaire

**RFID (Radio Frequency Identification), QR (Quick Response) code et Blockchain sont des technologies qui apparaissent dans l'alimentaire, un secteur de plus en plus « high-tech ». Ainsi la Blockchain, jusqu'alors dédiée à la gestion de cryptomonnaies, se retrouve utilisée pour tracer un aliment. Point de vue de Jean-Luc Viruega, docteur et ingénieur en génie industriel.**

**T**out d'abord, qu'est-ce que la traçabilité ? La question mérite d'être posée, car ce mot à la mode est souvent très flou. D'après la norme ISO 9000:2015, la traçabilité est « l'aptitude à retrouver l'historique, la mise en œuvre ou l'emplacement d'un objet » (voir encadré p. 29). Ce n'est donc ni une technologie, ni un ERP (*Entreprise Resource Planning*) ou un MES (*Manufacturing Execution System*), car il est nécessaire d'assurer une parfaite et totale correspondance entre les flux physiques et les flux informationnels. Le SI (système d'information) n'est donc qu'un élément d'un système de traçabilité, au sens systémique du terme. La dimension organisationnelle d'un système de traçabilité reste incontournable, avec le plus souvent une procédure écrite qui comporte la définition de ce qu'est un lot de produits.

## Sécuriser la chaîne alimentaire

Rapportée à l'alimentaire, la traçabilité est d'abord, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2005, une exigence réglementaire avec l'obligation



**Jean-Luc Viruega (INP Grenoble)**

Docteur et ingénieur en génie industriel, Jean-Luc Viruega

exerce en libéral en tant que formateur et consultant en traçabilité et expert judiciaire dans le domaine alimentaire et non alimentaire. Il enseigne et écrit des ouvrages et des articles au sujet de la traçabilité.

européenne de traçabilité selon le règlement CE 178/2002 (ou Food Law). La traçabilité est ici obligatoire dans un objectif de sécurité sanitaire, pour rappeler ou retirer des produits dangereux. Chaque exploitant de la chaîne alimentaire, dans une approche  $n - 1 / n + 1$  (fournisseurs directs / clients directs), doit assurer le lien entre ses lots de matières premières et ses lots de produits finis.

Cette obligation se matérialise par la présence d'un numéro de lot (qui peut être hexadécimal) sur le produit fini ; c'est par ce numéro de lot que les mesures de retrait (en BtoB) ou de rappel (quand le produit défectueux est déjà vendu au consommateur) vont pouvoir être réalisées. Autre obligation qui fait appel à la traçabilité : l'obligation d'information, dont le règlement CE 1169/2011 (ou règlement INCO), totalement obligatoire depuis fin 2016, est le chef de file. La notion d'origine de la viande est un bon exemple de cette volonté des pouvoirs publics d'informer au mieux les consommateurs. La France a même ajouté une exigence à ce sujet avec le décret n° 2016-1137 du 19 août 2016. Il existe d'ailleurs des démarches allant au-delà des exigences réglementaires, par exemple les mentions « sans OGM », « sans pesticides » et « sans antibiotiques ».

En revanche, rien n'est obligatoire en matière de technologie, il s'agit d'obligations réglementaires de résultats, ce qui laisse

à chaque acteur la liberté de choisir les moyens techniques les plus adaptés. Enfin, le secteur alimentaire est très médiatisé, avec des scandales récurrents, les deux derniers en date étant l'affaire de la contamination des œufs au fipronil et le lait en poudre pour bébé contaminé par des salmonelles. Cette présentation très synthétique montre que la traçabilité est un outil permettant à la fois d'assurer la sécurité du consommateur et de l'informer au mieux.

## La Blockchain, nouvel outil de la FoodTech

Pourquoi alors utiliser la Blockchain pour tracer des aliments ? Sans rentrer dans les détails techniques, l'intérêt de cette technologie est le cryptage et la mutualisation de l'information rentrée dans une Blockchain, ce qui évite la





## Traçabilité : ce que dit la norme ISO 9001:2015

En matière de traçabilité, tout organisme doit pouvoir répondre aux exigences suivantes :

### 8.5.2 Identification et traçabilité

- L'organisme doit utiliser des moyens appropriés pour identifier les éléments de sortie lorsqu'il est nécessaire de s'assurer de la conformité des produits et services.
- L'organisme doit identifier l'état des éléments de sortie par rapport aux exigences de surveillance et de mesure tout au long de la production et de la prestation de service.
- L'organisme doit maîtriser l'identification unique des éléments de sortie lorsque la traçabilité est une exigence, et doit conserver les informations documentées nécessaires à la traçabilité.

### 7.1.5.2 Traçabilité de la mesure

Lorsque la traçabilité de la mesure est une exigence ou lorsqu'elle est considérée par l'organisme comme un élément essentiel visant à donner confiance dans la validité des résultats de mesure, l'équipement de mesure doit être :

- a. étalonné et/ou vérifié à intervalles spécifiés, ou avant l'utilisation, par rapport à des étalons de mesure pouvant être reliés à des étalons de mesure internationaux ou nationaux. Lorsque ces étalons n'existent pas, la référence utilisée pour l'étalonnage ou la vérification doit être conservée sous forme d'information documentée ;
- b. identifié afin de pouvoir déterminer la validité de son étalonnage ;
- c. protégé contre les réglages, les dommages ou les détériorations susceptibles d'invalider l'étalonnage et les résultats de mesure ultérieurs.

Lorsqu'un équipement de mesure s'avère inadapté à l'usage prévu, l'organisme doit déterminer si la validité des résultats de mesure antérieurs a été compromise et mener l'action appropriée, si nécessaire.

nécessité d'un tiers de confiance tout en assurant une parfaite intégrité de cette information, du fait de la mutualisation. Cette technologie est donc intéressante pour assurer la traçabilité d'un aliment depuis l'amont agricole jusqu'au distributeur. De plus, ce système peut aussi alerter ce même consommateur en cas de risque pour sa santé. Toutes les informations pertinentes sont injectées dans une Blockchain pour que le consommateur puisse les retrouver *via* un lien sur le produit fini (le plus souvent un QR code). Et les acteurs de la Blockchain justifient principalement son utilisation par son caractère inviolable depuis sa création, en 2008.

C'est la dernière technologie à la mode qui place le secteur alimentaire dans une position très « high-tech ». Au dernier Salon

de l'agriculture, en février, il a été question d'agriculture numérique, digitale ou connectée, et le secteur de la FoodTech est en pleine expansion. Les start-up se multiplient et de grands acteurs du numérique, comme Amazon, s'y intéressent.

### Le point de vue de l'ingénieur

Il convient de revenir aux fondamentaux, et en premier lieu à l'analyse fonctionnelle. La notion de besoin est déterminante, tout comme celle de cahier des charges. Par ailleurs, la Blockchain garantit pour l'instant la traçabilité de l'information (que faire si un hacker réussit un jour à pirater une Blockchain ?), mais pas que l'information soit « vraie », c'est-à-dire en adéquation avec le produit qui en est le support. C'est le deuxième point fondamental que connaît tout ingénieur en

production, à savoir : comment contrôler les informations de traçabilité ? Quelle que soit la technologie, cela demande des audits, des cahiers des charges et des procédures de contrôle très précises et spécifiques à chaque acteur de la supply chain.

En conclusion, la traçabilité des aliments, au-delà de la contrainte réglementaire, est un domaine d'innovation dans lequel un ingénieur a sa place pour créer de la valeur. Il doit prendre garde à respecter certains fondamentaux méthodologiques et s'ouvrir au monde juridique pour être en mesure d'interpréter techniquement une exigence réglementaire bien souvent floue et succincte. Ainsi il pourra répondre aux besoins du consommateur, mais aussi de la société dans son ensemble. ■

# Théâtre du Rond-Point



2 – 31 MAI

FESTIVAL

## MAGIE NOUVELLE

2 – 30 MAI, 18H30 ET 21H

### LE PARADOXE DE GEORGES

UN SPECTACLE DE ET AVEC  
YANN FRISCH

3 – 13 MAI, 20H30

### WADE IN THE WATER

UN SPECTACLE DE  
CLÉMENT DEBAILLEUL  
ET RAPHAËL NAVARRO  
DRAMATURGIE  
VALENTINE LOSSEAU  
MUSIQUE ORIGINALE  
IBRAHIM MAALOUF  
AVEC MARCO BATAILLE-TESTU  
ARAGORN BOULANGER, INGRID ESTARQUE

17 – 31 MAI, 20H30

### LES LIMBES

UN SPECTACLE DE ET AVEC  
ÉTIENNE SAGLIO

LES 24, 25 ET 26 MAI, 18H30

### TALENTS MAGIE NOUVELLE

AVEC  
COMPAGNIE YOKAI  
COMPAGNIE SANS GRAVITÉ  
LES ANGES AU PLAFOND  
KALLÉ NIO  
BLIZZARD CONCEPT  
(DISTRIBUTION EN COURS)

15 – 26 MAI

## PARLEZ-VOUS STAND-UP?

FESTIVAL

UN FESTIVAL PROPOSÉ PAR  
KADER AOUN

17 – 19 MAI, 20H30

### BON CHIENCHIEN

UN SPECTACLE DE ET AVEC  
THOMAS VDB  
CO-ÉCRITURE ET MISE EN SCÈNE  
KADER AOUN

24 – 26 MAI, 20H30

### EN ÉTAT D'URGENCE

UN SPECTACLE DE ET AVEC  
MATHIEU MADENIAN  
CO-ÉCRITURE ET MISE EN SCÈNE  
KADER AOUN

15, 16, 22 ET 23 MAI, 20H30

### PLATEAUX DÉCOUVERTES

ANIMÉS PAR  
MATHIEU MADENIAN

AVEC  
FADILY CAMARA, CHARLOTTE CREYX  
PAUL DECHAVANNE, DJIMO, TANIA DUTEL  
ROMAN FRAYSSINET, AGNÈS HURSTEL  
HAKIM JEMILI, LENNY M'BUNGA, WARY NICHEN  
AKIM OMIRI, PANAYOTIS PASCOT  
MARINA ROLLMAN, AHMED SPARROW

18/19

## DÉCOUVREZ LA SAISON 2018-2019

DÈS LE 14 MAI ET ABONNEZ-VOUS  
EN LIGNE SUR THEATREDURONDPOINT.FR

RÉSERVATIONS 01 44 95 98 21 – WWW.THEATREDURONDPOINT.FR

FACEBOOK.COM/RONDPOINTPARIS TWITTER.COM/RONDPOINTPARIS LINKEDIN.COM INSTAGRAM.COM/RONDPOINTPARIS  
DAILYMOTION.COM/WEBTV\_DU Rond-Point VENTS CONTRAIRES.NET YOUTUBE.COM/C/VENTS CONTRAIRES THEATREDURONDPOINT

# Le numérique au service du monde végétal

**Créée en 2011, CybeleTech est une jeune entreprise spécialisée dans les technologies numériques pour tous les acteurs de la filière du végétal. Elle propose des outils et services logiciels pour la prédiction de rendement et l'optimisation de la production agricole et forestière et de la sélection variétale. Le point avec Marie-Joseph Lambert, directeur et cofondateur avec Paul-Henry Cournède (97) de CybeleTech.**

## Qu'est-ce qui vous a incité à créer CybeleTech ?

Après plusieurs postes de manager, j'ai occupé celui de directeur de la prospective dans un groupe leader de l'agrochimie, puis dans une société de services. C'est lors de ces dernières fonctions, au tout début des années 2000, que j'ai commencé à développer une stratégie de services fondée sur de nouvelles technologies telles que l'imagerie et les données météo. Rapidement, j'ai compris qu'il faudrait un modèle de croissance des plantes pour développer cette stratégie. J'ai découvert les travaux de Paul-Henry Cournède (97) et c'est ainsi que nous avons monté un premier projet, « Cantia », sur la modélisation de la betterave. À l'issue de Cantia et des premiers résultats positifs, j'ai perçu qu'il y avait un marché pour l'application de ces technologies de modélisation et de simulation, c'est alors que nous avons décidé de créer CybeleTech.

## Quels sont vos clients ?

Les acteurs de la filière végétale tels que les semenciers et les organisations de producteurs et transformateurs.

## Sur quoi travaillent vos ingénieurs au quotidien ?

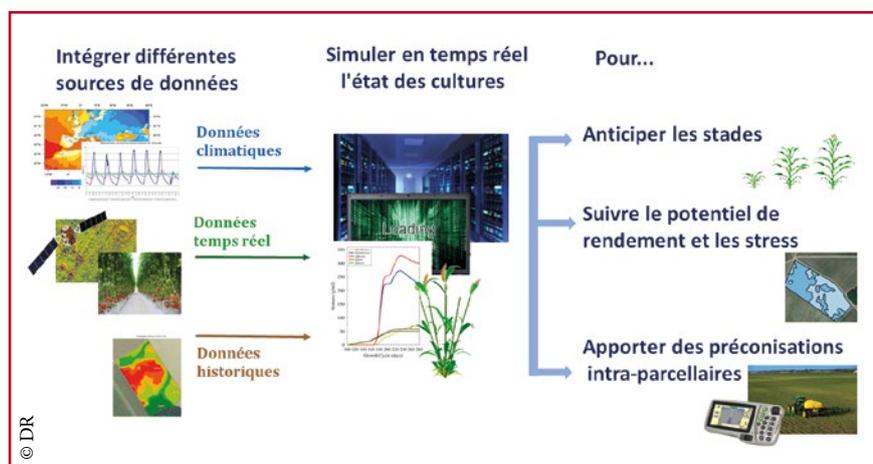
Nos ingénieurs travaillent sur les projets de simulation des différentes étapes du végétal, telles que la sélection variétale,



**Paul-Henry Cournède (97)**

Actionnaire fondateur et conseiller scientifique de CybeleTech, il est

également professeur à CentraleSupélec et dirige le laboratoire Mathématiques et informatique pour la complexité et les systèmes (MICS).



l'optimisation des phases de production, le suivi des cultures au niveau de la parcelle et la prévision de rendement. Ils développent et utilisent différents modèles de croissance des plantes, des méthodes statistiques d'analyse de la donnée – machine learning... –, des technologies de l'information comme l'imagerie satellitaire, les drones, etc., ainsi que les technologies d'optimisation et de contrôle liées au HPC.

## En 2016, vous avez été lauréat de l'appel à projets P3A pour votre projet d'expérimentation de serre connectée, quels sont vos retours d'expérience ?

Les travaux sont encore en cours mais les premiers retours montrent que même dans un milieu relativement contrôlé, il y a de nombreuses hétérogénéités à mesurer et à gérer pour réussir l'optimisation du rendement, du coût et du poste énergétique.

## Quels sont vos projets ?

Nous sommes présents sur plusieurs filières de grandes cultures : céréales – maïs notamment –, oléagineux, cultures maraîchères comme les tomates, concombres et salades, mais aussi cultures plus pérennes comme la vigne. Notre

objectif est d'étendre nos démarches sur les autres cultures industrielles et exotiques. Et nous voulons aussi nous développer sur l'international.

## Vous êtes en pleine croissance, quels types de recrutements et de partenaires recherchez-vous ?

Nos futurs recrutements porteront sur des postes de modélisateurs, data scientists et informaticiens. ■



**Marie-Joseph Lambert**

Directeur de CybeleTech, cet ancien cadre dirigeant du secteur de l'industrie

et des services en agriculture est de formation marketing et commerciale (2<sup>e</sup> cycle de management à l'EM Lyon). Il a occupé différentes fonctions de direction au sein de groupes leaders mondiaux de l'agribusiness (Sandoz, Novartis, Syngenta) et d'une PME de services.

# La ferme urbaine verticale, intelligente et connectée

**De nos jours, la donnée est partout, mais le « big data » peut ne rester qu'un amas si on ne sait pas faire parler ces données. Voyons avec Patrice Aubinaud, directeur des Innovation Labs France chez Atos, et Romain Mathonat, doctorant au Liris, comment les utiliser à travers un cas précis : le projet DUF, dans lequel Atos et le Liris s'associent à la start-up FUL pour transformer sa ferme urbaine verticale, primée plusieurs fois, en une ferme intelligente et connectée.**



Une ferme urbaine, développée par la start-up FUL.

**L**a Ferme urbaine lyonnaise (FUL) est une start-up qui a mis au point une ferme urbaine verticale suivant les principes de Dickson D. Despommiers<sup>1</sup>, en la dotant de technologies robotiques et climatiques avancées. La solution consiste en une production hors sol, sous climat créé en air filtré, répartie en plateaux techniques superposés robotisés. Il s'agit de pouvoir installer partout une culture sans pesticide, quasiment sans eau, en hydroponie, et ainsi offrir une production



**Patrice Aubinaud**  
Directeur des Innovation Labs France chez Atos, leader de la transformation numérique. Après de nombreuses années à l'international, Patrice a rejoint Atos Lyon en 2006 où il a occupé les fonctions de directeur de centre de services et de directeur technique régional.

locale abondante de produits extra frais. Grâce au projet DUF (Digital Urban Farming), labellisé au FUI 24<sup>2</sup> et porté par Atos avec le Laboratoire d'informatique en image et systèmes d'information (Liris), la ferme FUL rentre dans une démarche digitale inspirée de « l'industrie 4.0 ». Elle devient une ferme intelligente qui peut intégrer des procédés de maintenance prédictive et prescriptive.

## Des problématiques pluridisciplinaires

Le projet DUF comprend la résolution de nombreuses problématiques, qu'elles soient mécaniques, agronomiques, informatiques ou mathématiques. Le verrou technologique qui nous intéresse ici est celui de l'utilisation de la fouille de données, et plus généralement de la science des données, pour réaliser des supervisions plus intelligentes et optimiser le rendement des recettes de culture. Cette optimisation est un point-clé pour une ferme urbaine, car c'est d'elle que vont découler la rentabilité et la capacité à répliquer les paramètres nécessaires à une culture donnée dans une ferme donnée, quel que soit son lieu géographique.

Une « recette de culture » est un formalisme précis décrivant l'ensemble des conditions scientifiques de culture d'une plante pour l'emmener du stade de pousse à celui de consommable, et ce de la manière la plus déterministe possible. Lors d'une campagne de production, de nombreuses mesures temporelles peuvent être collectées, concernant le climat artificiel effectif dans la ferme (pression et hygrométrie, températures, etc.) ou encore le phénotypage des plantes (par exemple la surface foliaire). Nous pouvons voir cela comme la collecte des valeurs d'un grand nombre de variables, avec l'idée que la compréhension des liaisons entre celles-ci va permettre de nouvelles optimisations énergétiques ou l'amélioration des processus de maintenance des fermes.

## Une fouille de données dans un treillis

Une telle problématique de découverte de groupes de variables qui impactent ensemble un processus d'intérêt, en présence de centaines de variables, reste un défi. Nous proposons d'étudier ce problème dans le contexte de la fouille de données

sous contraintes<sup>3</sup>, plus particulièrement en revisitant le calcul des ensembles fréquents et leurs usages les plus courants. Calculer des ensembles fréquents, c'est identifier des ensembles de variables booléennes qui sont « vraies ensemble suffisamment souvent ». On peut ensuite en dériver des règles de type « *Quand on observe A et B, il arrive souvent que l'on observe également C et D* ». De telles règles permettent de suspecter des relations inattendues entre variables et peuvent aussi servir de point de départ pour des démarches prédictives. L'espace de recherche des ensembles fréquents (caractéristiques des données qui apparaissent fréquemment) peut être représenté par un treillis (voir schéma).

Chaque lettre représente une propriété (caractéristique dans une recette). Par exemple A peut dire que le rendement est excellent, B que la luminosité moyenne d'exposition était faible, etc. La découverte de tous les ensembles fréquents dans de grands jeux de données (milliers de variables) est aujourd'hui bien comprise, mais la détection des ensembles fréquents effectivement pertinents dans un cas d'étude reste difficile. Pour ce faire, on peut calculer des règles d'associations à partir de chaque ensemble fréquent et compter sur des mesures d'intérêts objectives pour mettre en lumière les règles prometteuses. Ainsi, si ABC est un ensemble fréquent, on va tester la pertinence des règles A → BC, AB → C, C → AB, etc. Une fois ceci fait, nous voulons isoler les règles qui nous apportent

de la connaissance. Dans l'état actuel de l'art dans ces domaines, des algorithmes efficaces existent et permettent de calculer des millions de motifs (ensembles ou règles potentiellement intéressantes). Il faut cependant absolument progresser dans la prise en compte de l'intérêt subjectif des utilisateurs pour éviter de calculer des motifs non pertinents.

**La découverte de motifs par les algorithmes**

Nous disposons d'un ensemble de données générées pas ces fermes connectées : température, hygrométrie, luminosité, spectre des sources lumineuses, pH, électroconductivité, proportions des composés introduits dans la solution nutritive donnée aux plantes ou encore nombre de fruits/légumes produits et surface foliaire ou autres données issues du phénotypage. Toutes ces données brutes peuvent être collectées et stockées dans l'infrastructure « big data » qui a été développée. Nous pouvons alors appliquer certains algorithmes pionniers comme Apriori<sup>4</sup> ou AprioriSome<sup>5</sup>, ou utiliser les algorithmes plus récents développés par notre partenaire académique (UMR CNRS 5205, Liris).

La démarche d'analyse de données permet d'extraire des règles, de découvrir des motifs et de la connaissance. Ceci est rendu possible grâce aux données, qui sont les conséquences de mécanismes sous-jacents, mais la question de la pertinence des motifs découverts reste très ouverte. Imaginons que



**Romain Mathonat (Insa Lyon)**

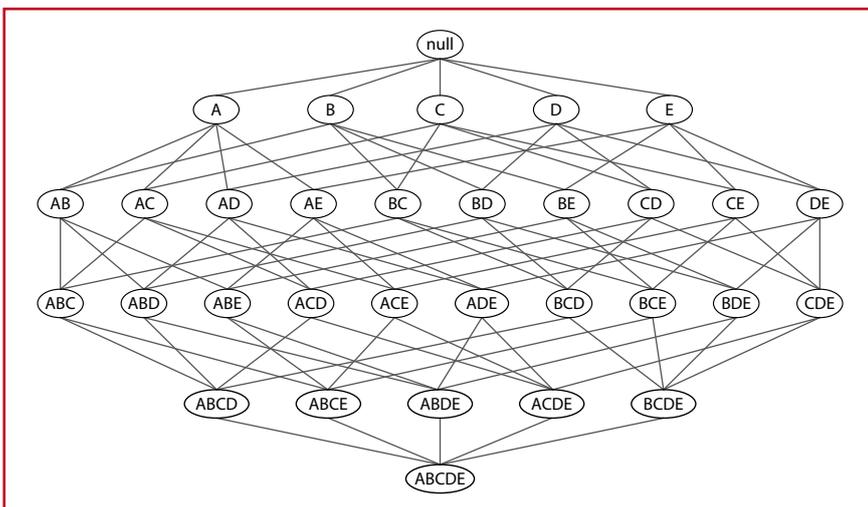
Ingénieur chez Atos et doctorant au Liris où ses problématiques

de recherche portent sur l'intelligence artificielle, la maintenance prédictive et la fouille de données.

l'on puisse découvrir une règle d'association du type « *les recettes dont les pieds de tomates ont été exposés à une intensité énergétique supérieure à x W/m<sup>2</sup> entre la période du 4<sup>e</sup> au 10<sup>e</sup> jour sont associées à une diminution de la taille moyenne du légume de 40 %, tout en ayant approximativement la même masse* ». La fouille de données nous propose une observation qui pourrait peut-être permettre d'augmenter le nombre de fruits produits en gardant la même masse produite. Quelle est la valeur de cette règle pour un expert agronome ? C'est sur ce processus de proposition d'hypothèses que nous misons pour donner un avantage compétitif aux propriétaires des fermes.

**La résolution par le traitement de la data**

La partie du projet DUF centrée sur la fouille de données va nous permettre d'évoluer vers des fermes intelligentes et évolutives. Il y a là un cercle vertueux intéressant : en collectant les données qu'elles produisent, les fermes pourront être optimisées, adaptées à de futures recettes, mieux maintenues. Nous pouvons donc viser un processus d'optimisation en continu grâce à une approche centrée « données » et un investissement dans les méthodes de science des données et de découverte de connaissances. ■



1. D. Despommiers, professeur de santé publique et environnementale à la Columbia University, New York, États-Unis, [www.verticalfarm.com](http://www.verticalfarm.com)  
 2. « Les résultats du 24<sup>e</sup> appel à projets du FUI-Régions : 38 nouveaux projets », <http://competitivite.gouv.fr>, 24 oct. 2017.  
 3. S. Dzeroski, B. Goethals, and P. Panov (éd.), *Inductive Databases and Constraint-Based Data Mining*, Springer.  
 4. R. Agrawal, R. Srikant, « Fast Algorithm for mining association rules ». *Proceedings VLDB*, 1994.  
 5. R. Agrawal, R. Srikant, « Mining Sequential Patterns ». *Proceedings IEEE ICDE*, 1995.