HAL open science

Relever les défis du numérique pour la filière

Brigitte Charnomordic, Bruno Tissseyre

To cite this version:

Brigitte Charnomordic, Bruno Tissseyre. Relever les défis du numérique pour la filière. “ Vigne et Vin ” - Les dossiers d’Agropolis International, 21, Agropolis International, 76 p., 2015, Dossiers d’Agropolis International. hal-02795859

HAL Id: hal-02795859

https://hal.inrae.fr/hal-02795859v1

Submitted on 5 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Relever les défis du numérique pour la filière

Comme tous les autres secteurs d'activité, la filière vitivinicole fait sa révolution numérique. Cette révolution est une opportunité unique pour les acteurs de la filière vitivinicole puisqu'elle leur permettra de bénéficier d'informations à très haute définition et donc d'améliorer le suivi et la maîtrise de leur systèmes de production.

En effet, les nouvelles technologies apportent un accroissement considérable des observations qu'il est possible d'acquérir grâce à des réseaux de capteurs ou des stations de mesure interconnectées, à des systèmes de mesures embarqués sur machine ou sur piéton, ainsi qu'à des plateformes de télédétection (drones, avions, satellites). Des données relatives à la vigne et à son environnement (climat, sol, etc.), aux procédés de transformation et d'élaboration du vin ainsi qu'à sa commercialisation sont acquises avec une résolution spatiale et temporelle sans précédent. Il en résulte de très importants flux de données, de nature variée, qui, pour être utilisés et valorisés doivent être traités, analysés, partagés, diffusés et archivés. L'explosion des volumes de données disponibles est une grande richesse. Elle peut aboutir à un formidable outil d'aide à la décision pour les professionnels de la filière, à condition que ces derniers soient dotés de méthodes adaptées, pour faire évoluer leurs produits face à l'évolution du marché et du climat. Ces méthodes doivent répondre à un double défi.

D'une part, il faut relier l'ensemble des données amont (agronomiques et environnementales) et aval (procédés de transformation, données de consommation, etc.), en mobilisant des techniques avancées en intégration de données, connaissances (disciplinaires ou métier) et modèles. D'autre part, il est nécessaire d'extraire des connaissances à partir des données, par modélisation et/ou par inférence, sur des phénomènes dont la complexité était difficile à appréhender jusqu'à présent. Les outils et méthodes développés permettront d'explorer et de piloter de nouveaux systèmes et d'assurer la durabilité de la filière grâce à une démarche intégrative. Ils répondront aux besoins de représentation, de diagnostic, d'évaluation et d'aide à la décision pour des préoccupations variées, telles que la protection des cultures, l'évaluation environnementale, la gestion des intrants, la qualité des produits, etc. Ils proposeront aussi de nouvelles méthodes de conception de systèmes complexes, pour innover par exemple dans le type et le dimensionnement d'équipements, l'élaboration de nouveaux systèmes de culture, la création de variétés répondant à de nouvelles contraintes, la conquête de nouvelles parts de marché.

La communauté scientifique réunie au sein d'Agropolis est bien armée pour apporter des éléments de réponse aux grands enjeux de la révolution numérique. Ceux-ci soulèvent des questions de recherche pour l'ensemble de la filière vigne et vin et à différentes échelles qu'elles soient organisationnelles, spatiales ou temporelles. Plusieurs unités de recherche sont conscientes de l'importance des enjeux du numérique en Agronomie et Environnement. Elles orientent leurs travaux méthodologiques afin de relever, avec leurs partenaires nationaux et internationaux, publics et privés, les défis qui en découlent. Le rassemblement au sein d'Agropolis d'unités spécialisées en sciences de l'ingénieur, mathématique, informatique et d'unités de recherche thématiques en viticulture, écophysiologie, œnologie, etc., favorise l'interdisciplinarité et constitue un atout essentiel.

Un premier type de recherches concerne les problématiques liées à la mesure fournie par des dispositifs automatiques ou manuels. Elles englobent la conception (1) de nouveaux capteurs, (2) de méthodes pour s'assurer de la qualité des données et (3) de systèmes d'information innovants pour les organiser et les partager.

Un second type de recherches traite des enjeux spécifiques liés à l'afflux des données géo-localisées dans le cadre de la viticulture de précision : par exemple, la conception de méthodes d'échantillonnage ou de traitement de données spatialisées prenant en compte la connaissance métier.

Enfin, un dernier type de recherches rassemble différents travaux (1) d'exploration de grandes masses de données hétérogènes (spatio-temporelles) recueillies à la vigne ou à la cave, (2) de modélisation issue de données ou de connaissances et (3) de simulation.

Un pan important des travaux de la communauté, dans tous les domaines présentés dans ce chapitre, concerne la valorisation au travers de logiciels de simulation et d'aide à la décision, indispensables pour identifier de nouveaux usages et mettre en place des pratiques innovantes.

Brigitte Charnomordic (UMR MISTEA)
& Bruno Tisseyre (UMR ITAP)

Relever les défis du numérique pour la filière

Développement d'outils et de méthodes : de l'acquisition à l'utilisation de l'information pour l'aide à la décision

Les recherches menées par l'**UMR *Information-Technologie-Analyse environnementale-Procédés agricoles* (ITAP – Irstea, Montpellier SupAgro)** répondent aux besoins relatifs à l'acquisition et l'utilisation de l'information pour les sciences du vivant, en agriculture et en environnement. Ces recherches trouvent des applications importantes en viticulture, domaine dans lequel l'équipe a développé une expertise forte en instrumentation et en expérimentation de terrain.

Les équipes principales
UMR ITAP **Information-Technologie-Analyse environnementale-Procédés agricoles** (Irstea/Montpellier SupAgro) *25 scientifiques* *dont 14 impliqués dans la thématique*
UMR LIRMM **Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier** (UM/CNRS) *170 scientifiques* *dont une dizaine impliqués dans la thématique*
UMR MISTEA **Mathématiques, Informatique et Statistique pour l'Environnement et l'Agronomie** (Inra/Montpellier SupAgro) *18 scientifiques* *dont 11 impliqués dans la thématique*
UMT Ecotech-Viti (IFV/Irstea/Montpellier SupAgro-IHEV) *6 scientifiques*
Autres équipes concernées
Domaine du Chapitre (Montpellier SupAgro/Inra) *7 ingénieurs et techniciens*
UMR SPO **Sciences pour l'œnologie** (Inra/Montpellier SupAgro/UM) *45 scientifiques*
Unité expérimentale de Pech Rouge (Inra) *6 scientifiques, 30 ingénieurs et techniciens*
UMR LEPSE **Laboratoire d'Ecophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux** (Inra/Montpellier SupAgro) *15 scientifiques* *dont 5 impliqués dans la thématique*

L'UMR ITAP développe des outils et des méthodes couvrant toutes les étapes de l'acquisition à l'utilisation de l'information pour une aide à la décision :

- développement de nouveaux capteurs non destructifs basés sur les propriétés optiques des milieux (sol, fruits, feuilles, etc.) : l'équipe Capteurs optiques pour les milieux complexes développe des bases scientifiques et techniques pour la caractérisation des agro-écosystèmes, en mettant au point des capteurs optiques en vision artificielle hyper spectrale et spectrométrie proche infrarouge et les méthodes de traitement associées. Elle dispose d'un laboratoire d'optique instrumentale à la pointe de l'état de l'art ;
- conception de systèmes de décision adaptés à des procédés agro-environnementaux durables : l'équipe Modélisation et décision agro-environnementale développe des bases scientifiques et techniques pour élaborer des outils d'aide à la décision ou de diagnostic de l'état des systèmes et des approches d'agriculture de précision. Les méthodologies utilisées sont la logique floue, les systèmes dynamiques, les systèmes à évènements discrets et la géostatistique ;
- développement de méthodes et d'outils pour limiter l'utilisation des pesticides et leurs impacts sur l'environnement et sur la santé des opérateurs et des populations avoisinant les parcelles traitées. L'équipe Procédés, Environnement Pesticides, Santé étudie les procédés de pulvérisation, depuis la buse jusqu'au transport des pesticides à l'échelle d'un bassin versant ou d'un territoire. L'équipe s'appuie sur le plateau de recherche technologique ReducPol qui possède des moyens expérimentaux uniques en France dédiés à l'étude des phénomènes de pulvérisation et de transfert des pesticides dans l'environnement.

L'UMR entretient des échanges scientifiques réguliers avec plusieurs partenaires internationaux : le Centre Australien d'Agriculture de Précision, les universités de Sydney (Australie), de Talca (Chili), de Lleida, Pamplune, Madrid et Cordoue (Espagne), etc.

Une part importante de ses travaux de recherche concerne des recherches finalisées menées étroitement avec divers acteurs économiques : des sociétés privées — start up, très petites entreprises (TPE), PME, de taille intermédiaire (ETI), grands groupes —, des instituts techniques sur des projets collaboratifs (Arvalis, CTIFL*, IFV, ITB) ou des stations régionales d'expérimentation (CEHM)**.

Sur des missions d'appui aux politiques publiques, l'UMR mène des études pour les agences nationales (Onema, ADEME, Anses***), les ministères de l'Agriculture et de l'Environnement ainsi que les collectivités territoriales.

* CTIFL : Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes
** CEHM : Centre expérimental horticole de Marsillargues
*** Onema : Office national de l'eau et des milieux aquatiques
ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

Extrait : Vigne et Vin - Les Dossiers d'Agropolis International - Numéro 21 - Novembre 2015 - 76 pages

▲ *Acquisition d'une image de vigne par drone*
© G. Besqueut

AgroTIC Services : un interlocuteur technique sur les TIC pour les entreprises vitivinicoles

Le monde du numérique est en évolution constante et rapide. Afin de répondre aux besoins croissants d'accompagnement et de formation de la filière vitivinicole sur les thématiques des TIC, une unité d'appui a été mise en place : AgroTIC Services. Ce dispositif original et unique, porté par Montpellier SupAgro et l'UMR ITAP, est conçu pour être un partenaire clairement identifié des entreprises pour toutes questions relatives à l'utilisation de ces nouvelles technologies en agriculture et pour la filière vitivinicole en particulier.

Les actions pédagogiques, d'accompagnement et de veille réalisées par AgroTIC Services permettent aux entreprises de construire des projets en lien direct avec l'enseignement ou la recherche.

Ses actions sont structurées autour de quatre grands axes :
- la réalisation d'actions pédagogiques renforçant le lien entre enseignement et entreprises ;
- la réalisation de formations continues pour des professionnels du domaine agro ;
- la mise en place de séminaires à destination des acteurs de la recherche, des étudiants et des entreprises agro et TIC agro ;
- l'accompagnement individuel d'entreprises sur des projets de recherche et développement dans le domaine des TIC agro.

Contact :
Léo Pichon, leo.pichon@supagro.fr

Pour plus d'informations : www.agrotic.org/blog/agrotic-services

▲ *Le Spectron™, un capteur piéton pour le suivi de la maturation du raisin* © Pellenc SA

Développement de nouveaux capteurs piétons : exemple du spectron™

Le projet VINNOTEC (2007-2012) était un projet de R&D collaboratif porté par l'UMR ITAP, mutualisant les forces vives de la recherche publique et privée.

L'objectif de ce projet était l'intégration des TIC dans toutes les étapes du processus de culture de la vigne et de production de vin. Les TIC visent à garantir à la fois la précision spatiale et temporelle de l'information, la réactivité en temps réel par rapport au marché et la création de nouvelles bases de connaissances sur la vigne et le vin. Elles permettent l'émergence de nouveaux produits et services adaptés aux différents maillons de la chaîne de production, afin de caractériser au mieux, à l'aide de nouveaux capteurs, l'état de la vigne, du raisin et des fermentations. Cette caractérisation aide ensuite à optimiser l'itinéraire de production associé, via des services d'aide à la décision.

Ce projet a fait émerger un certain nombre d'outils et de services aujourd'hui commercialisés, ou sur le point de l'être, parmi lesquels des capteurs pour la vigne et pour le suivi des fermentations. Une des innovations proposée par le projet VINNOTEC est le Spectron™, un capteur portable pour le suivi de la maturation du raisin. Cet outil permet le suivi des paramètres de maturation du raisin (sucre, acidité, anthocyanes, etc.) directement dans les parcelles et en parfaite autonomie. Ce capteur repose sur les technologies de spectrométrie visible et proche infrarouge. Il est le fruit de près de 10 ans de recherche collaborative entre l'UMR ITAP et la Société Pellenc SA.

Le projet VINNOTEC, labellisé par le pôle de compétitivité Qualiméditerranée, a bénéficié du soutien de l'État (fonds unique interministériel, FUI), de la Région Languedoc-Roussillon, d'Oséo et du Fonds européen de développement régional (FEDER).

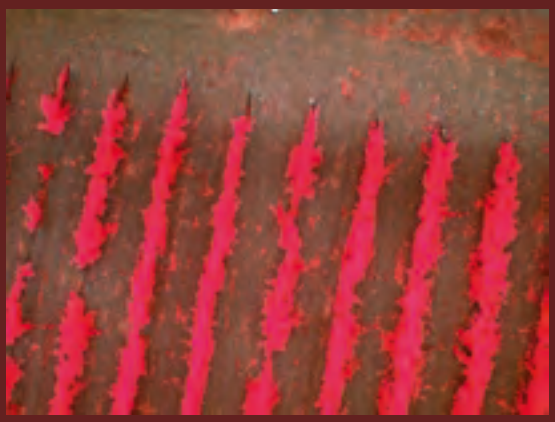
Contact : Alexia Gobrecht, alexia.gobrecht@irstea.fr

Pour plus d'informations : www.pellenc.com/agriculture/Spectrometre-Spectron.aspx

Extrait : Vigne et Vin - Les Dossiers d'Agropolis International - Numéro 21 - Novembre 2015 - 76 pages

Spatialisation des données viticoles

Les données spatialisées à moyenne et haute résolution spatiale deviennent omniprésentes dans la filière viticole (GPS, capteurs embarqués, télédétection, etc.). Ce développement fait émerger une demande en outils de visualisation, de manipulation et de traitement avancé de l'information spatialisée. Les particularités techniques, sociales et économiques de la filière imposent de développer des méthodes spécifiques afin de mettre à disposition des professionnels des outils simples d'utilisation, robustes, peu onéreux — voire gratuits — et adaptés aux spécificités de leurs métiers. Les exemples ci-après illustrent les récentes avancées en la matière.



▲ *Acquisition d'une image de vigne par drone*
© G. Besqueut/UMR ITAP

Optimiser l'échantillonnage spatial

Que ce soit dans un contexte expérimental ou opérationnel, l'échantillonnage spatial est nécessaire pour caractériser l'état d'une parcelle à une date donnée. Le raisonnement du nombre et de la position des échantillons est essentiel pour produire une estimation de qualité. Les données à haute résolution spatiale (télédétection) aident à caractériser la variabilité spatiale du paramètre étudié et, ainsi, optimiser la position et le nombre de mesures à effectuer. Les recherches menées par l'UMR ITAP visent à produire des méthodes d'échantillonnage spatiales génériques, optimisées et spécifiquement adaptées aux paramètres viticoles comme l'estimation du rendement à l'aide de cartes d'expression végétative fournies par l'imagerie (drones, avions, satellites).

Optimiser les parcours lors des vendanges sélectives

Des travaux de recherche s'intéressent aux problèmes d'optimisation complexes avec des applications concrètes à la vigne et en cave (collaboration LIRMM, ITAP et MISTEA). En intégrant les données spatialisées, ces méthodes, qui font appel à la programmation par contraintes, répondent à des enjeux logistiques et organisationnels importants, tels que ceux posés par la vendange sélective. Celle-ci consiste à récolter séparément deux qualités de raisin dans une même parcelle avec une machine à vendanger comportant deux trémies. La localisation des zones de qualité et l'estimation des quantités à récolter sont connues. Le problème consiste à optimiser le trajet de la machine à vendanger tout en respectant de nombreuses contraintes : prise en compte du sens de traitement des rangs, capacité de stockage de la machine, etc.

Cartographier l'état hydrique de la vigne

Le suivi de la contrainte hydrique, à l'échelle de la parcelle, du vignoble ou du territoire, est incontournable pour aider les viticulteurs à prendre les décisions pour maîtriser la quantité et la qualité du produit fini. Depuis 2010, l'UMR ITAP, avec l'UE Pech Rouge et l'IFV, développe des modèles empiriques permettant d'extrapoler, de spatialiser et de cartographier l'état hydrique du vignoble. L'originalité de l'approche est de valoriser des données ponctuelles acquises dans le cadre d'un suivi opérationnel de l'état hydrique de la vigne. La méthode permet d'envisager une démarche innovante de production participative (*crowdsourcing*).
Ainsi, les viticulteurs pourront partager, consolider et enrichir une base de données spatiotemporelle de suivi de l'état hydrique de la vigne à l'échelle de leur territoire. Une telle approche permet l'apprentissage dynamique d'un modèle spatial qui s'affine au fur et à mesure de l'enrichissement de la base de données.

▲ *Extrapolation d'une mesure d'état hydrique de référence (site de mesure de référence) à une date donnée et à l'échelle de l'aire d'apport de la coopérative*
Carte interpolée réalisée sur la base de données de références historiques – qualité de l'estimation sur les points de mesures non utilisés pour l'apprentissage du modèle (0,10 Mpa).
© UMR ITAP

Le projet GeoFIS

Afin de faciliter le transfert des résultats de leur recherche, les équipes d'Agropolis spécialisées dans le développement de méthodes opérationnelles ont développé une plateforme logicielle libre et open source GeoFIS. L'ambition est de proposer une boîte à outils, simple et évolutive, qui permette d'introduire de nouvelles fonctionnalités en matière de traitement de données spatialisées. GeoFIS vise à transférer rapidement des méthodes innovantes à travers une interface simple, utilisable par des professionnels ou des étudiants pour des applications spécifiques. À terme, les fonctionnalités développées dans le cadre du projet GeoFIS pourront être intégrées dans des logiciels de SIG sous forme de plugins.

Contact :
Bruno Tisseyre, bruno.tisseyre@supagro.fr

Pour plus d'informations sur GeoFIS : https://prezi.com/8f4gifhshycl/geofis/

Programmation par contraintes et apprentissage

Le ***Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier*** **(UMR LIRMM – UM, CNRS)** est organisé en trois départements : Informatique, Robotique et Microélectronique.

Le département Informatique regroupe quatorze équipes-projets qui couvrent un très large spectre de la recherche en informatique allant de l'informatique théorique aux applications et aux interfaces avec de nombreuses autres disciplines. Les applications concernent, par exemple, la génomique, la biologie moléculaire et cellulaire, la médecine, l'agronomie, la préservation de la biodiversité, l'œnologie et la viticulture de précision.
Au sein du département Informatique, l'équipe COCONUT (Agents, Apprentissage, Contraintes) fait partie du pôle de recherche Intelligence Artificielle qui propose et étudie des modèles et algorithmes pour l'intelligence artificielle. Cette équipe s'intéresse aux problèmes soulevés par l'utilisation des technologies issues de l'apprentissage et de la programmation par contraintes, avec une composante forte sur les fondements théoriques et les algorithmes. Elle aborde des problèmes d'optimisation sous contraintes, notamment numériques, ainsi que des problèmes classiques d'apprentissage ou de fouille de données avec une approche basée sur les contraintes.
Dans le domaine vigne et vin, plusieurs prototypes ont été développés en collaboration avec l'UMR ITAP et l'UMR MISTEA, ainsi qu'avec les sociétés Nyseos et Fruition. Ces travaux ont concerné différents problèmes : optimisation en vendange sélective du trajet d'une machine à vendanger équipée de deux trémies ; optimisation du planning et du trajet de techniciens pour le suivi du stress hydrique de 200 vignobles ; optimisation de l'assemblage de plusieurs vins en tenant compte de contraintes de volume et des profils aromatiques.

Projet SILEX
Un système d'information d'avenir pour l'expérimentation de la vigne et du vin

Depuis 2010, le projet collaboratif « Système d'information pour l'expérimentation » (SILEX), porté par l'UMR MISTEA, propose aux scientifiques et aux expérimentateurs des systèmes d'information adaptés aux nouveaux enjeux liés aux données. SILEX a permis de créer plusieurs systèmes d'information en production avec, pour thème, la viticulture et la vinification (UMR SPO, UMR System, UE de Pech Rouge).

SILEX permet de gérer et de suivre dans le temps des entités telles que des parcelles, des micro-parcelles, des ceps, des organes, etc. Pour cela, l'ingénierie des connaissances et les technologies innovantes du web sémantique sont utilisées. Les ontologies, spécifiques à un domaine, permettent le contrôle du vocabulaire, l'annotation d'événements ou d'opérations, le raisonnement et le partage de données, etc.

Pour améliorer la traçabilité, une application d'annotation est fournie sur tablette et téléphone mobile. Depuis une serre, une cave ou un champ, un opérateur peut ainsi annoter des entités identifiées par des codes QR et déclarer la chute d'un pot ou des signes de maladie observés sur un rang de vigne... Il peut y associer des vidéos, des enregistrements audio, des photographies ou des notes manuscrites, et les courbes de fermentation sont enrichies par ces annotations. Grâce à des règles métiers et au raisonnement, les événements implicites ou manquants sont aussi pris en compte. Ces connaissances produites sont exploitables par des traitements d'analyse statistique et, notamment, de validation automatique de données.

▲ *Captures d'écran de Vadrouyes. Application web de déclaration et de consultation d'itinéraires de vinification (a) et viticole (b)* © UMR MISTEA

SILEX permet aux utilisateurs de préciser les opérations et les produits (grappe, moût, etc.) d'un itinéraire de production. Il met en œuvre une visualisation de cet itinéraire incluant les données associées ainsi que les résultats d'analyse, les traitements appliqués, les événements, etc.

SILEX est utilisé plus largement pour les bioprocédés (UR *Laboratoire de biotechnologie de l'environnement*) et le phénotypage haut-débit des plantes (UMR LEPSE). Dans ce domaine, SILEX équipera les neuf plateformes du projet national PHENOME (*cf. p. 55*), de la parcelle au gène.

Contacts :
Anne Tireau, anne.tireau@supagro.inra.fr
Pascal Neveu, pascal.neveu@supagro.inra.fr
Pour plus d'informations : www6.montpellier.inra.fr/mistea/Projets/Silex

Données expérimentales agronomiques : de l'organisation jusqu'à la prédiction et l'aide à la décision

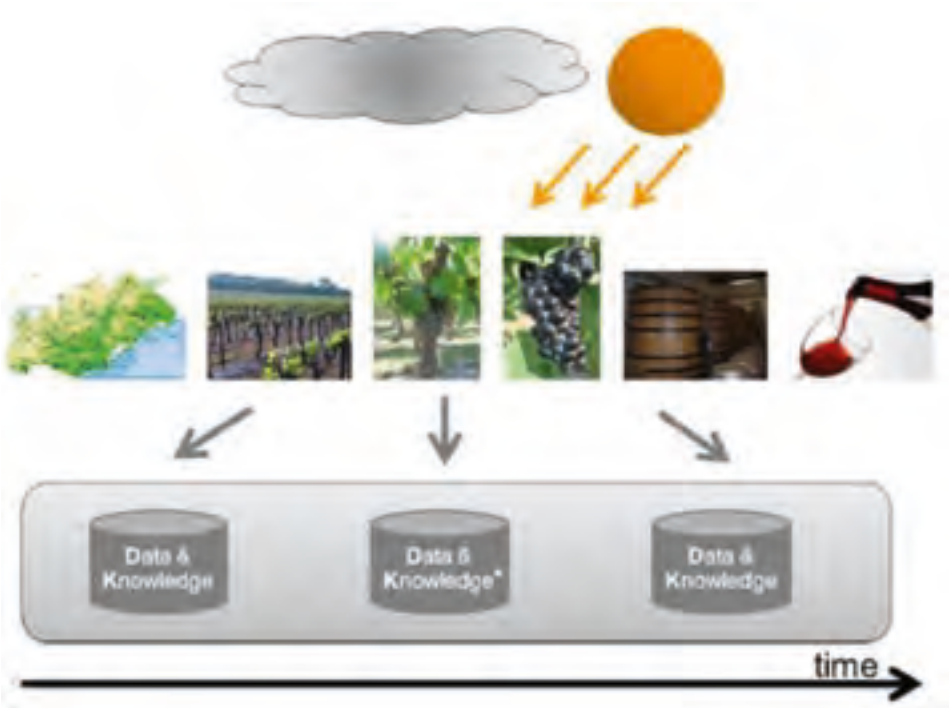
L'UMR *Mathématiques, Informatique et Statistique pour l'Environnement et l'Agronomie* (MISTEA - Inra, Montpellier SupAgro) a pour mission le développement d'outils méthodologiques en mathématiques et informatique pour les sciences agronomiques et environnementales. L'UMR associe des chercheurs du département Mathématiques et informatique appliqués de l'Inra et du département Sciences pour les agrobioprocédés de Montpellier SupAgro.

MISTEA propose des solutions innovantes pour répondre aux enjeux actuels de prise en compte des données expérimentales en agronomie, de plus en plus volumineuses, hétérogènes et acquises à différentes échelles. Les synergies créées par la présence d'informaticiens et de statisticiens, avec un large spectre de compétences en gestion et analyse de données et en modélisation, permettent à l'UMR d'adopter une approche intégrée allant de l'organisation des données jusqu'à la prédiction et l'aide à la décision. L'un des domaines privilégiés d'application est la filière vigne et vin.

L'UMR propose une démarche originale, basée sur des graphes sémantiques, pour collecter et organiser des données multi-échelles issues de sources hétérogènes. Les ontologies* permettent de formaliser des connaissances afin de les partager entre différents groupes et de les utiliser dans des raisonnements automatisés. Un travail important mené récemment avec l'UE de Pech Rouge a permis de constituer et de mettre en relation des ontologies relatives à la viticulture et à la vinification. Des méthodes automatiques de validation et de prétraitement des données donnent la possibilité de combiner informations d'experts et méthodes statistiques. Pour la prédiction et l'aide à la décision, un enjeu émergeant est de confronter les données d'évolution de la plante ou du fruit à un nombre élevé de cofacteurs comme des informations génétiques ou environnementales. L'UMR développe des méthodes novatrices qui combinent analyse de courbes (statistiques fonctionnelles), statistiques en grande dimension (sélection de variables), intégration multi-échelles (modèles hiérarchiques) et classification (*clustering*).

L'UMR est impliquée dans différents projets de la filière, avec des partenaires publics et privés : le programme Impacts et adaptations à long terme de la filière vitivinicole au Changement Climatique (LACCAVE, *cf. p. 58*), le projet Mise au point d'un outil d'aide à la décision pour renforcer la compétitivité des vins à l'export (Pilotype, 2010-2014) porté par un consortium regroupant des acteurs majeurs de la filière, le projet Intégration de données et d'expertise pour une nouvelle génération d'outils en viticulture (IDENOV, *cf. ci-contre*), lauréat du Concours Mondial de l'Innovation en juillet 2014.

* Modèle informatique représentatif d'un ensemble de concepts dans un domaine ainsi que des relations logiques qu'ils entretiennent entre eux



▲ *Système de type filière*
** Données et connaissances* © MISTEA

Extrait : Vigne et Vin - Les Dossiers d'Agropolis International - Numéro 21 - Novembre 2015 - 76 pages

▲ *Dispositif de capture de flux* © S. Payen/Fruition Sciences

Projet IDENOV Intégration d'expertise et de données pour une nouvelle génération d'outils en viticulture

Le projet IDENOV est porté par *Fruition Sciences*, société de services qui aide les viticulteurs à optimiser la gestion de leurs vignes par la collecte de données issues de capteurs placés sur le terrain (capteurs de flux de sève, de température, etc.). Il a pour ambition d'ouvrir la voie à l'intégration de l'innovation apportée par la « *data science* » dans la filière viticole.
Ce projet vise ainsi à exploiter des données très diverses tout en leur associant l'expertise de terrain. Trois partenaires collaborent pour le mener à bien : *Fruition Sciences*, l'UMR MISTEA et *Global Vision* (société d'accompagnement en *Open Innovation*).

Le projet a permis, en développant une méthodologie adaptée d'analyse de données complexes, de créer un premier outil pour la prédiction, à partir des données collectées sur les vignobles depuis plusieurs années.

La méthodologie utilisée associe des techniques d'analyse exploratoire multidimensionnelle étendue aux données temporelles et des méthodes de statistique en grande dimension qui permettent de construire des modèles interprétables et parcimonieux, dans lesquels on contraint le modèle initial de manière à n'estimer qu'un nombre plus restreint de paramètres. Cette approche permet de découvrir les périodes et les facteurs qui ont le plus fort impact sur la qualité du raisin (mesurée par des analyses physico-chimiques) et de construire ainsi les éléments fondateurs d'un outil automatisé d'aide à la décision.

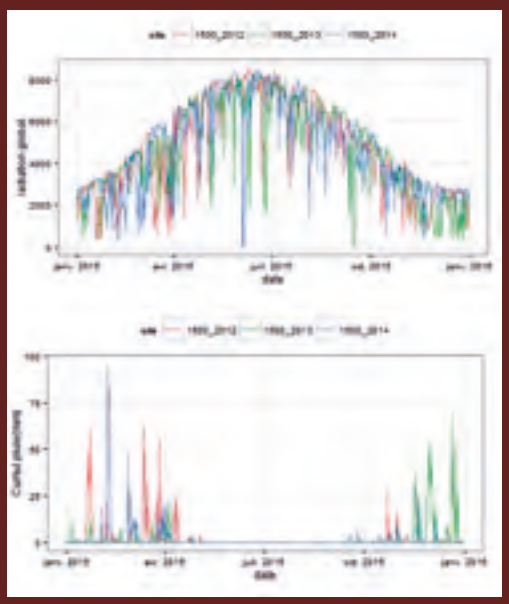
À l'heure de la révolution numérique et de l'afflux massif de données hétérogènes et multi-sources, ce projet est emblématique des avancées méthodologiques visant à exploiter toutes ces données afin de construire une nouvelle génération d'outils pour la filière vigne et vin.
Le projet était lauréat de la phase 1 du Concours mondial de l'innovation 2014*, dans le défi *Big data*.

** www.entreprises.gouv.fr/innovation-2030/accueil-innovation-2030*

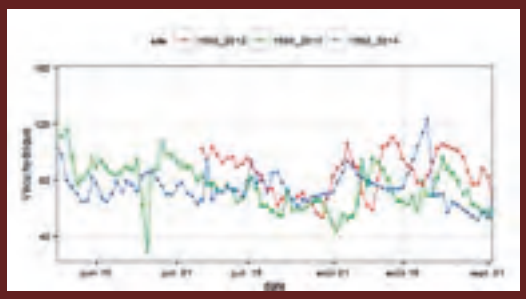
Contacts : Nadine Hilgert, hilgert@supagro.inra.fr
Sébastien Payen, sebastien@fruitionsciences.com
Pour plus d'informations : www6.montpellier.inra.fr/mistea/Projets/IDENOV

▲ *Vigne irriguée* © S. Payen/*Fruition Sciences*

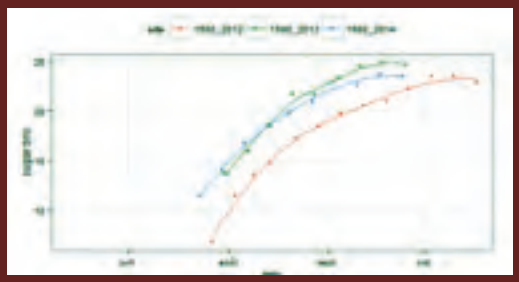
Données climat



Données plantes



Données fruits



▲ *Mise en relation de données hétérogènes et à différentes échelles temporelles : données météo (rayonnement, précipitations, etc.), état hydrique de la vigne, qualité du raisin*
© S. Payen/*Fruition Sciences*

Extrait : Vigne et Vin - Les Dossiers d'Agropolis International - Numéro 21 - Novembre 2015 - 76 pages

SOFA : logiciel de Simulation en conditions Œnologiques des Fermentations Alcooliques

Le logiciel SOFA, disponible en quatre langues (français, anglais, espagnol et italien), résulte d'une collaboration de plusieurs années entre les UMR MISTEA et SPO. Il a permis de construire un modèle physiologique de fermentation alcoolique validé par des données réelles sur plusieurs dizaines de fermentations dans différentes conditions (teneur en sucre, teneur en azote, température).
Il est commercialisé par la société INTELLI'OENO.

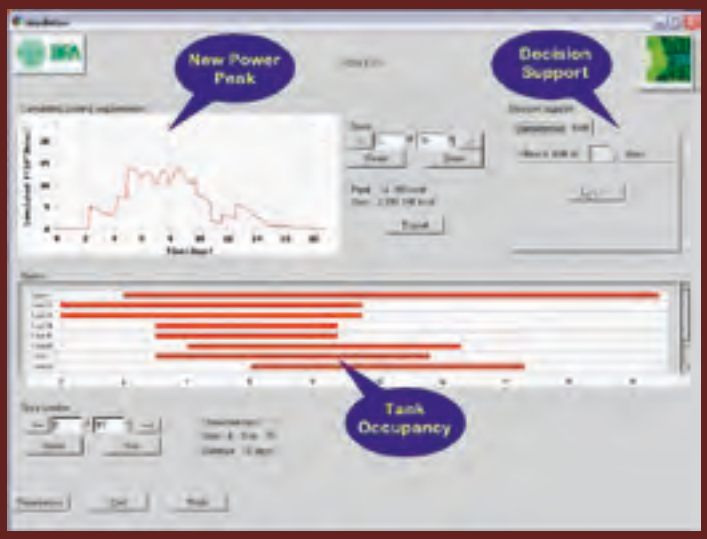
SOFA est capable de prédire le déroulement de fermentations alcooliques (vitesse de la fermentation, durée, consommation du sucre, énergie dégagée, etc.) à partir de quelques données initiales clés telles que les paramètres analytiques des moûts (teneur en sucre, teneur en azote assimilable) et les conditions de fermentation (profil de température, ajout de nutriments azotés, date de début des fermentations, volume des cuves).

Le logiciel se présente en deux parties :
- SOFA 1 permet de prédire et de visualiser en détail l'effet de paramètres-clés (par exemple la température, la teneur en azote ou l'addition de nutriments azotés) sur le déroulement de la fermentation alcoolique.
- SOFA 2 permet d'optimiser les besoins en frigories instantanés et totaux au cours des vinifications ainsi que la disponibilité des cuves (en agissant sur la durée de chaque fermentation).

SOFA est un exemple précurseur de modélisation de systèmes complexes associant données et connaissances. Cette dernière est relative aux principaux mécanismes physiologiques de la levure et formalisée par des équations différentielles. Les nombreuses données expérimentales permettent de compléter le modèle de connaissance en découplant les variables afin d'identifier les paramètres multiples du modèle. SOFA démontre le succès d'une démarche interdisciplinaire, qui a associé dans sa dynamique de recherche mathématiciens, microbiologistes et informaticiens, et qui a ainsi permis d'aboutir à une solution opérationnelle. Une extension toute récente de SOFA (MOMAF, pour *modeling of the main reaction of alcoholic fermentation*) permet aujourd'hui de simuler des cinétiques d'alcools supérieurs et d'esters.

Contacts :
Nadine Hilgert, hilgert@supagro.inra.fr
Jean-Marie Sablayrolles, sablayro@supagro.inra.fr

Pour plus d'informations : www.intellioeno.com



▲ *Interface du logiciel SOFA* © B. Charnomordic

© F. Pruneau

▲ ▶ *Annotation sur tablette d'observations et d'événements lors d'expérimentations « vigne » sur la plateforme de phénotypage « vigne » au champ*
© A.Tireau/MISTEA

PHENOME : le réseau français de phénomique végétale

PHENOME (2012-2019) est une « infrastructure nationale en biologie et santé » du programme d'investissements d'avenir. Elle a pour objectif d'équiper la communauté végétale française avec un réseau de plateformes de phénotypage haut-débit (*cf. p. 12*), destinées à caractériser la réponse à divers scénarios environnementaux (associés aux changements climatiques) de collections de génotypes de différentes espèces, dont la vigne, pour laquelle de nombreuses expériences ont déjà eu lieu. L'infrastructure se compose de (1) deux plateformes en conditions contrôlées, (2) deux plateformes au champ en conditions environnementales semi-contrôlées, (3) trois plateformes au champ en conditions non contrôlées.

Toutes les plateformes sont équipées d'un ensemble complet de techniques d'imagerie fonctionnelle 3D, à savoir : imagerie détaillée des racines et des pousses dans des conditions contrôlées, imagerie de la canopée avec une « phénomobile » autonome qui capture des images fonctionnelles 3D de chaque parcelle et des drones qui capturent l'image de centaines de parcelles conjointement. Deux plateformes « omiques » centralisent aussi les mesures métabolomiques et structurelles associées aux expérimentations.

Deux projets méthodologiques portés par l'UMR MISTEA développent au niveau de l'infrastructure des méthodes et des techniques capables (1) d'organiser les données provenant des différentes plateformes, afin qu'elles puissent être sauvegardées et analysées pendant une longue période par une large communauté de scientifiques, (2) de concevoir et diffuser, auprès de la communauté académique et dans l'industrie, un nouvel ensemble de méthodes pour analyser les données et en extraire des caractéristiques génotypiques (annotation et validation de données, modélisation, lien avec les modèles de plantes et de cultures).

PHENOME a déjà permis la création de PME autour du phénotypage et de l'agriculture de précision (dont une « *spin-off* » et plusieurs brevets). Il est intégré à des projets européens et internationaux de phénotypage (*European Plant Phenotyping Network*, *International Plant Phenotyping Network*, feuille de route européenne).

Contact :
Nadine Hilgert, hilgert@supagro.inra.fr
Pour plus d'informations : www.phenome-fppn.fr