

Conduite du vignoble, pratiques agronomiques, réduction des impacts

Dans des contextes où le ré-encépagement est relativement lent ou très réglementé, l'aménagement des paysages viticoles et l'adoption de nouveaux modes de conduite de la vigne peuvent constituer des réponses efficaces aux défis socio-économiques et environnementaux actuels. En particulier, certaines pratiques culturales, en usage ou nouvelles, permettent d'atténuer les impacts négatifs des changements climatiques ou des pressions parasitaires sur la production. Par exemple, l'échauffement des grappes peut être limité avec certains modes de palissage. L'environnement biotique peut être modifié par l'introduction d'insectes auxiliaires qui vont parasiter les insectes nuisibles à la culture. D'autres choix stratégiques d'aménagement à l'échelle des régions viticoles permettent de contrôler l'érosion des sols et les flux de polluants.

C'est dans cette perspective d'action sur la conduite des vignobles et sur l'aménagement des paysages viticoles que plusieurs unités de recherche de la communauté scientifique d'Agropolis analysent le fonctionnement de la vigne et ses interactions avec l'environnement physique, physico-chimique et biotique. Les recherches, d'une grande diversité, s'étendent de la plante jusqu'au paysage viticole, en passant par la parcelle et l'exploitation agricole. Les mécanismes qui déterminent la consommation en eau par la plante, l'évapotranspiration par le couvert végétal et, plus largement, la circulation de l'eau dans les paysages viticoles en relation avec les propriétés hydriques des sols, constituent actuellement des questions scientifiques majeures. La stabilité de la production à l'échelle pluriannuelle fait également l'objet de travaux qui visent à mieux comprendre les effets directs et les arrière-effets des années climatiques exceptionnelles, tant sur le rendement que sur la qualité de la récolte. Par ailleurs, les objectifs nationaux de réduction de l'utilisation des intrants phytosanitaires (Plan Ecophyto) appellent à explorer les voies de lutte biologique, notamment par une meilleure connaissance du comportement des ravageurs et des auxiliaires efficaces en viticulture, mais aussi les voies technologiques comme l'amélioration des techniques de pulvérisation et les voies agronomiques en relation avec les pratiques basées sur le travail du sol

ou l'enherbement, peu ou pas consommatrices de produits phytosanitaires. En outre, il est nécessaire de concevoir des méthodes et des outils d'évaluation agro-environnementale (à l'échelle de la parcelle et du paysage) des pratiques agronomiques innovantes assurant le contrôle du rendement, la régulation des bio-agresseurs et l'utilisation optimale des ressources en eau et en azote du sol.

Les équipes de recherche ont mis au point plusieurs dispositifs pour l'observation *in situ* des pratiques et des milieux sur le long terme (Observatoire méditerranéen de l'environnement rural et de l'eau), pour le recueil d'informations par télédétection (spatialisation de l'évapotranspiration de la vigne) et pour l'analyse de pratiques agronomiques spécifiques dans des plateformes (LIVE - *Low Input Vineyard Experimentation*) et domaines expérimentaux (Domaine du Chapitre, unité expérimentale de Pech Rouge). L'ensemble de ces dispositifs permet de collecter de grands jeux de données sur les pratiques agricoles, l'état physiologique de la vigne et l'état du milieu biophysique (sol, eau de surface et souterraine, atmosphère, microfaune). La modélisation constitue également un élément de la démarche scientifique pour comprendre et prédire le fonctionnement de la vigne, au niveau de la plante (modélisation tridimensionnelle de la plante en fonction des modes de conduite), de la parcelle (projet FertilCrop) et de l'ensemble du paysage viticole (projet Phyt'Eau Mod). Les modèles ainsi conçus constituent également la base du développement d'outils d'aide à l'évaluation agronomique et environnementale de la conduite de la vigne (projets Phyt'Eau Mod et PURE). Cette approche couplant expérimentation, observation et modélisation, est particulièrement précieuse pour traiter des interactions entre les différentes composantes du système complexe que représente la vigne dans son environnement biotique et abiotique. Plusieurs projets de recherche présentés dans ce chapitre sont conduits en partenariat avec l'interprofession viticole, les entreprises de conseil agricole, les industriels des agrofournitures ou les collectivités territoriales.

**Jérôme Molénat (UMR LISAH)
& Thierry Simonneau (UMR LEPSE)**

Conduite du vignoble, pratiques agronomiques, réduction des impacts

Ingénierie des paysages cultivés et aménagés pour une gestion durable des ressources en eau et en sol

Les équipes principales
UMR LEPSE Laboratoire d'Écophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux (Inra/Montpellier SupAgro) 15 scientifiques dont 5 impliqués dans la thématique
UMR LISAH Laboratoire d'étude des Interactions Sol-Agrosystème-Hydrosystème (Inra/IRD/Montpellier SupAgro) 23 scientifiques dont 16 impliqués dans la thématique
UMR System Fonctionnement et conduite des systèmes de culture tropicaux et méditerranéens (Cirad/Inra/Montpellier SupAgro/CiHeam-IAMM) 20 scientifiques dont 7 impliqués dans la thématique
UMT Ecotech-Viti (IFV/Irstea/Montpellier SupAgro-IHEV) 6 scientifiques
Unité expérimentale du Domaine du Chapitre (Montpellier SupAgro/Inra) 7 ingénieurs et techniciens
Autres équipes concernées par ce thème
Unité expérimentale de Pech Rouge (Inra) 6 scientifiques, 30 ingénieurs et techniciens
UMR Innovation Innovation et développement dans l'agriculture et l'alimentation (Inra/Montpellier SupAgro/Cirad) 50 scientifiques dont 4 impliqués dans la thématique
UMR CBGP Centre de Biologie pour la Gestion des Populations (Inra/Cirad/Montpellier SupAgro) 52 scientifiques dont 2 impliqués dans la thématique

Les travaux du **Laboratoire d'étude des Interactions Sol-Agrosystème-Hydrosystème (UMR LISAH - Inra, IRD, Montpellier SupAgro)** ont pour objectifs scientifiques de :

- développer des connaissances sur les transferts de masse et sur l'éco-dynamique des substances polluantes dans les sols et les bassins versants, en considérant leurs organisations spatiale et temporelle (qu'elles soient d'origine naturelle ou anthropique) ;
- élaborer des outils pour le diagnostic et la prévention des risques induits par les activités humaines, que ce soit sur les régimes hydrologiques ou sur l'évolution des ressources en eau et en sol dans les milieux cultivés ;
- contribuer à la définition de nouveaux modes de gestion durable des paysages cultivés.

Par ailleurs, le laboratoire forme des étudiants aux concepts et aux outils d'analyse et de modélisation, en matière d'organisation de l'espace, du sol et de l'hydrologie des milieux cultivés.

Les agrosystèmes viticoles constituent un objet d'étude privilégié du LISAH en raison des enjeux de gestion environnementale (eau, sol) qu'ils revêtent, et par le fait que ces agrosystèmes permettent de traiter de questions scientifiques prégnantes concernant :

- les relations entre pratiques agricoles — particulièrement celles d'entretien du sol (enherbement, désherbage chimique ou mécanique, etc.) — et genèse du ruissellement et de l'infiltration ;
- le fonctionnement évapo-transpiratif des couverts végétaux pérennes hétérogènes à différentes échelles, de la parcelle agricole au paysage ;

- le devenir de la contamination par les produits phytosanitaires dans les sols et paysages ;
- les déterminants de l'érosion des sols ;
- la spatialisation des propriétés naturelles (sol) et anthropiques (parcellaire, pratiques agricoles, aménagements hydro-agricoles) des paysages cultivés.

La finalité de ces travaux est de contribuer à l'ingénierie des paysages cultivés pour une gestion durable des ressources en eau et en sol. Face aux changements globaux (variations climatiques, nouveaux besoins agricoles et alimentaires, etc.), il s'agit de proposer des modes de gestion des paysages cultivés en optimisant l'organisation spatiale des activités agricoles (occupation des terres, rotations culturales, pratiques d'entretien du sol et de traitement des cultures, etc.) ainsi que des aménagements hydro-agricoles (réseaux de fossés, retenues collinaires, talus, etc.).

Le LISAH gère l'Observatoire Méditerranéen de l'Environnement Rural et de l'Eau (OMERE, cf. ci-contre) composé de deux bassins versants, dont le bassin versant viticole de Roujan situé dans l'Hérault. Par ailleurs, le laboratoire développe la plateforme logicielle *OpenFLUID* de simulation des flux dans les paysages. Le LISAH développe des partenariats avec des équipes scientifiques nationales et internationales, notamment au Maghreb (Tunisie, Maroc), mais également avec des acteurs socioéconomiques publics (Office national de l'eau et des milieux aquatiques, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, etc.) et privés (bureaux d'étude).

L'Observatoire Méditerranéen de l'Environnement Rural et de l'Eau



▲ Vue générale du bassin versant expérimental de Roujan © C. Slagmulder/Inra



▲ Dispositif de mesure du débit, de la qualité de l'eau et de la pluie à l'exutoire du site

© O. Huttel/Inra

OMERE est un observatoire de recherche en environnement dont la finalité est de comprendre et d'évaluer l'effet des changements de pratiques agricoles et d'utilisation des terres ainsi que celui du changement climatique, sur l'eau et le sol à l'échelle des paysages agricoles méditerranéens. L'observatoire vise plus spécifiquement :

- ① à comprendre l'impact des activités agricoles sur les flux de masse dans les bassins versants élémentaires méditerranéens (régimes et bilans hydrologiques, allocation des ressources en eau, dynamiques d'érosion, évolution de la qualité des eaux ;
- ② à évaluer les intensités et vitesses d'évolution quantitative et qualitative des ressources en eau et en sol en fonction des changements d'utilisation des terres ;
- ③ à appuyer le développement d'approches de modélisation des flux en milieu cultivé en associant étroitement observations et modélisation ;

- ④ à fournir des bases scientifiques, des références et des outils de diagnostic à l'ingénierie agri-environnementale des paysages cultivés.

L'observatoire comprend deux sites : un bassin versant en Tunisie suivi depuis 1994 et un bassin versant viticole en France dans l'Hérault (commune de Roujan), suivi depuis 1992. Sur ce dernier, les relations entre les principales pratiques d'entretien du sol en viticulture (enherbement, labour mécanique, labour chimique) et la genèse du ruissellement et de l'infiltration sont étudiées ainsi que les déterminants de l'érosion des sols viticoles et l'évapotranspiration de la vigne en fonction de l'état hydrique des sols. L'observatoire contribue également à l'étude de la spatialisation des sols, des éléments du paysage d'intérêt hydrologique (fossés, talus, etc.) et des pratiques agricoles.

L'observatoire comprend des dispositifs de mesures hydrologiques, météorologiques, hydrochimiques et érosifs de la parcelle au bassin versant. Des observations et mesures agronomiques sont également réalisées. L'observatoire est cogéré par les UMR LISAH et HydroSciences Montpellier ainsi que par l'Institut national agronomique de Tunis et l'Institut national de recherche en génie rural, eau et forêts en Tunisie.

Contacts :

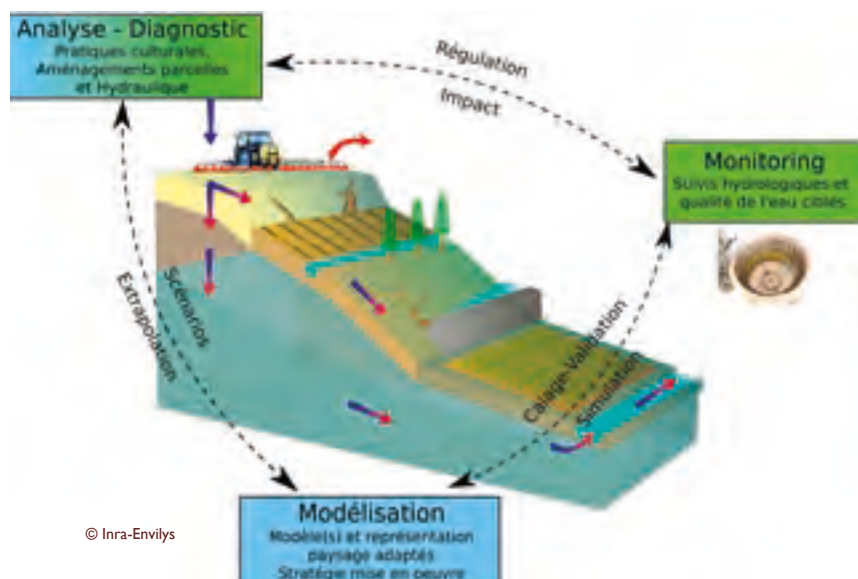
Jérôme Molénat, jerome.molenat@supagro.inra.fr

Damien Raclot, damien.raclot@ird.fr

Pour plus d'informations : www.obs-omere.org

Projet Phyt'eau BV Mod : diagnostic de la pollution de l'eau par les pesticides en milieu viticole

La culture de la vigne est particulièrement utilisatrice de produits phytosanitaires. En effet, bien qu'elle représente moins de 5 % de la surface agricole utile française, elle contribue à près de 15 % de la consommation en pesticides. C'est ainsi que, dans les régions viticoles, la contamination de l'eau par les pesticides est souvent élevée et provoque une dégradation de nombreuses ressources en eau.



© Inra-Envilys

Sur la base de travaux expérimentaux et de modélisation menés par l'UMR LISAH sur les processus de contamination des eaux par les pesticides en bassin versant viticole, le projet de recherche et développement Phyt'eau BV Mod* a été mené par l'UMR en partenariat avec le bureau d'étude Envilys et le laboratoire d'analyses Eurofins. Il a eu pour objet le développement d'un outil intégré de modélisation associé à une métrologie de terrain, dédié au diagnostic des pratiques phytosanitaires et de leurs conséquences sur la contamination des ressources en eau de surface. L'outil est développé sur la base du modèle hydrologique MHYDAS et de la plateforme de simulation paysagère OpenFLUID, tous deux créés par les chercheurs du LISAH. Le projet a fait l'objet d'une application à des bassins versants viticoles en Languedoc-Roussillon et a abouti à une offre de service baptisée « Observatoire des pollutions diffuses », récompensée par le 2^e prix « Hydro innovation » lors du salon international de l'eau HydroGaïa en 2011.

* Outil intégré de diagnostic et d'aide à la décision pour les pollutions diffuses par les phytopharmaceutiques

Contact : Marc Voltz, marc.voltz@supagro.inra.fr



▲ Le plateau de préparation du matériel végétal, situé sur le campus de Montpellier SupAgro, permet le conditionnement de plantes en pots en fonction des exigences expérimentales

Chaque année, les techniciens du LEPSE y préparent plusieurs milliers de pots destinés aux expérimentations de phénotypage, par exemple sur l'effet de la fertilisation azotée, sur la croissance, la variabilité génétique des réponses au déficit hydrique, etc.
© G. Bouteillier

Tolérance de la vigne à la sécheresse, aux fortes températures et aux faibles niveaux d'intrants

Face aux effets négatifs des changements climatiques sur la production végétale, le **Laboratoire d'Écophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux** (LEPSE – Inra, Montpellier SupAgro) s'est spécialisé dans la recherche de variétés tolérantes et de modes de conduite adaptés au maintien d'une production acceptable dans les climats chauds et secs.

L'équipe Efficience de transpiration et adaptation des plantes aux climats secs concentre ses efforts sur la vigne afin d'améliorer la tolérance des vignobles à la sécheresse, aux températures excessives et, plus récemment, à de faibles niveaux d'intrants (azote en particulier). Les travaux sont conduits avec des généticiens dans une perspective de sélection de cépages tolérants, avec des agronomes pour proposer de nouveaux modes de conduite et avec des biologistes moléculaires pour identifier des processus physiologiques qui joueraient un rôle-clé dans la tolérance aux contraintes étudiées.

La tolérance des plantes aux contraintes climatiques et aux réductions d'intrants est appréhendée de manière détaillée à l'échelle foliaire à travers l'analyse et la modélisation de la croissance, de la consommation en eau, de l'état hydrique et de l'activité photosynthétique. À l'échelle de la plante entière, des outils de caractérisation et de reconstitution de la structure spatiale de la vigne sont développés (par digitalisation, analyse d'images et modélisation) pour différents cépages et pour des systèmes de taille et de palissage contrastés. Ces outils permettent d'évaluer les conséquences du choix d'un mode de conduite sur le microclimat au sein de la plante, sur sa croissance et son développement. Ainsi, il est possible d'établir plusieurs types de classement des modes de conduite et des cépages selon leurs impacts sur l'efficience d'utilisation de l'eau (la quantité d'eau nécessaire pour un rendement donné), sur les risques d'échaudage des grappes ou encore sur la mise en place du nombre de baies nouées, l'une des composantes précoces les plus déterminantes du rendement.

Les expérimentations sont réalisées en conditions contrôlées (serres et chambres de culture du laboratoire) et dans les vignobles (parcelles des unités expérimentales ou des producteurs partenaires). Par ailleurs, le laboratoire développe de manière originale des plateformes de phénotypage (*cf. p. 12*) qui permettent la comparaison d'un grand nombre de cépages/ porte-greffes différents (jusqu'à 1 600 plantes simultanément) dans des conditions climatiques contrôlées.

Ces travaux s'appuient sur des projets communs avec des partenaires locaux (UMR AGAP, SPO, System et Innovation), nationaux (UMR Écophysiologie et Génétique Fonctionnelle de la Vigne, Bordeaux) et étrangers (universités des Baléares et de Lisbonne, Centre de Geisenheim en Allemagne, Institut national de technologie agricole en Argentine). Les travaux avec l'UMR AGAP permettent d'explorer les marges de progrès génétique tandis que les travaux avec l'UMR System visent l'optimisation des modes de conduite.

Cartographie de l'évapotranspiration de la vigne à l'échelle régionale



▲ Dispositif de mesure de l'évapotranspiration sur le bassin versant de Roujan
© L. Prévot/UMR LISAH

L'UMR LISAH a mis au point une méthode simple de cartographie de l'évapotranspiration de la vigne à partir d'images satellitaires. L'étude a porté sur la basse vallée de la Peyne, affluent de l'Hérault, où la vigne occupe plus de 70 % de la surface. Douze images ASTER ont été acquises entre juillet 2007 et octobre 2008. Ces images des températures de surface, de 90 mètres de résolution spatiale, ont été converties en cartes d'évapotranspiration journalière à l'aide de deux indices, le WDI* et le S-SEBI** qui n'avaient jusqu'à présent pas été utilisés sur vigne. Pour valider ces cartes d'évapotranspiration, un dispositif de mesures a été mis en place sur sept parcelles de vigne, représentatives de la variabilité pédo-paysagère de la vallée de la Peyne. D'une part, des mesures directes de l'évapotranspiration,

par covariances turbulentes, ont été réalisées sur deux de ces parcelles. D'autre part, un suivi régulier de l'évolution de l'humidité des sols et du niveau des nappes a permis d'évaluer avec précision l'évapotranspiration journalière des sept parcelles, via le modèle de transferts hydriques HYDRUS 1D***.

Les cartes d'évapotranspiration issues des images satellitaires ont ainsi pu être validées avec succès, l'indice S-SEBI** étant légèrement plus précis (0,8 mm/jour) que l'indice WDI* (1,0 mm/jour). De plus, les cartes d'évapotranspiration ainsi obtenues présentent une structure spatiale stable dans le temps, semblable à celle de la carte des sols au 1:25000. Outre l'utilisation de ces cartographies d'évapotranspiration pour l'estimation des besoins en eau des vignes, par exemple pour l'irrigation, les perspectives de ce travail portent sur la gestion spatialisée de pratiques viticoles (par exemple l'aptitude à l'enherbement). Elles constituent par ailleurs une information potentiellement mobilisable pour la cartographie des propriétés hydrodynamiques des sols.

* WDI: water deficit index, Moran et al., 1994

** S-SEBI: simplified surface energy balance index, Roerink et al., 2000

*** Simunek et al., 2005

Contacts :

Frédéric Jacob, frederic.jacob@ird.fr

Philippe Lagacherie, philippe.lagacherie@supagro.inra.fr

Laurent Prévot, laurent.prevot@supagro.inra.fr

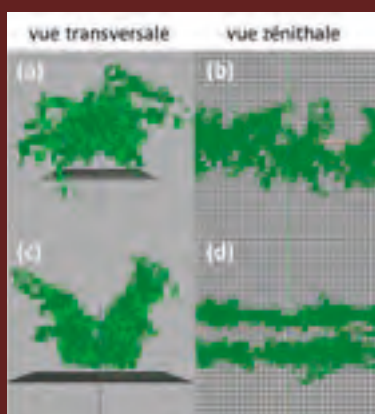
La modélisation pour évaluer les performances des modes de conduite au vignoble

La comparaison des modes de conduite sur des plantes pérennes de grande taille comme la vigne pose problème en raison (1) de la grande variabilité interannuelle du climat et (2) de la difficulté d'accès à des dispositifs où les modalités à étudier sont très nombreuses (au moins 50 modes de taille et de palissage sont recensés dans les vignobles). Une approche de modélisation tridimensionnelle du fonctionnement des plantes a donc été entreprise par le LEPSE pour simuler les performances suivant les multiples choix envisageables pour la taille et le palissage. Le modèle développé prédit le microclimat de chaque feuille (notamment le rayonnement qu'elle reçoit et sa température) et ses conséquences sur la photosynthèse et la transpiration (cf. figure 1). Ainsi, il est possible de classer plusieurs modes de palissage sur la base de leur efficacité de transpiration (c'est-à-dire la quantité d'eau nécessaire pour une croissance donnée) (cf. figure 2). Cette approche de simulation a pu être validée en comparant les valeurs prévues par le modèle et les mesures réalisées sur une plante entière au vignoble à l'intérieur d'une chambre où la transpiration et la photosynthèse nette de l'ensemble de la plante étaient enregistrées (cf. figure 3). Ce travail fait l'objet d'une collaboration avec l'Institut national de technologie agricole de Mendoza en Argentine (INTA) et se poursuit par de nouvelles applications qui visent l'économie de l'eau et la réduction des effets négatifs du réchauffement climatique.

Contact : Éric Lebon, lebon@supagro.inra.fr

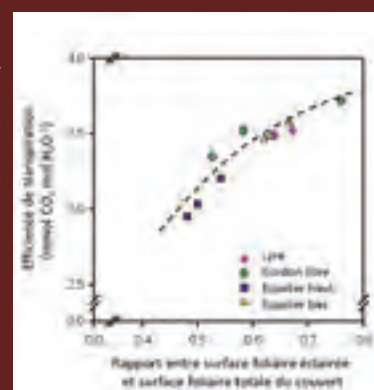
► Fig 1. Exemples de reconstruction de maquettes 3D de systèmes de conduite viticole de type « Cordon libre » (a,b) et Lyre (c,d)

© Inra/LEPSE



► Fig 2. Relation entre efficacité de transpiration (assimilation nette/transpiration) simulée à l'échelle du couvert et proportion de feuillage exposé au rayonnement direct pour quatre systèmes de conduite viticoles

Chaque point correspond à une plante individuelle placée au sein d'une scène virtuelle.
D'après Prieto et al., 2013



▲ Fig 3. Serre mobile d'analyse climatologique de la vigne

Les scientifiques de l'Inra préparent la serre mobile qui va permettre de mesurer la réponse physiologique de la vigne (transpiration, croissance) à certains paramètres climatologiques contrôlés (CO_2 , température).

© psaila.net

Intensification écologique de la viticulture

L'UMR *Fonctionnement et conduite des systèmes de culture tropicaux et méditerranéens* (System – Cirad, Inra, Montpellier SupAgro, Ciheam-IAMM) conduit des recherches sur les systèmes de culture plurispécifiques. Les principaux modèles qu'elle étudie sont l'agroforesterie et la viticulture dans les zones méditerranéennes et tropicales. Elle explore l'hypothèse selon laquelle la diversité des espèces cultivées dans un même espace et le pilotage de leurs interactions favorisent l'intensification écologique. Elle produit des connaissances et des outils permettant d'évaluer et de concevoir des systèmes de culture alliant performances économiques et production de services environnementaux.

L'intensification écologique de la viticulture consiste à identifier des systèmes de culture permettant de bons compromis entre, d'une part, la production et la qualité des produits de la vigne et, d'autre part,

de faibles impacts environnementaux et sanitaires. L'UMR System explore, en particulier, les marges de manœuvre offertes par un entretien du sol sans herbicides et basé sur des enherbements (partiels ou totaux, semés ou spontanés) combinés éventuellement avec des irrigations et fertilisations ciblées. En effet, l'enherbement impacte, à travers les bilans hydrique et azoté du sol, non seulement l'élaboration du rendement et de la qualité de la vigne, mais également l'exposition aux maladies cryptogamiques qui résulte de son développement végétatif.

L'UMR System élabore des indicateurs et des outils de modélisation permettant d'explorer *a priori* les compromis entre maîtrise du rendement et régulation des bioagresseurs. En effet, la conception de modes de production viticole moins dépendants des pesticides suppose de disposer d'outils permettant d'évaluer le potentiel de production permis par les ressources en eau et en azote du sol et les pertes liées aux bioagresseurs quand

ils n'ont pas été maîtrisés. L'UMR participe, en partenariat avec l'IFV, à l'animation d'un réseau régional et national, EcoViti, qui rassemble six plateformes expérimentales de systèmes viticoles innovants à bas intrants phytosanitaires, de conception participative, dans le cadre du plan Ecophyto qui demande une réduction importante — de moitié — de l'usage des pesticides en agriculture.

L'UMR System étudie aussi, sur des réseaux de parcelles de viticulteurs, les modalités d'évolution des composantes biologiques, environnementales et techniques des systèmes de culture en transition vers l'agriculture biologique.

Depuis 2002, l'UMR pilote la plateforme d'expérimentation LIVE (*Low Input Vineyard Experimentation*) sur le Domaine du Chapitre (cf. p. 27). Elle sert de support à différents projets nationaux et européens (tels que les projets PURE ci-contre et FertilCrop, cf. p. 64) et mobilise une équipe de six chercheurs, ingénieurs et enseignants-chercheurs ainsi que trois techniciens.

▼ Profil cultural sur parcelle viticole (Domaine du Chapitre) © UMR System





▲ Raisin à maturité (variété Mourvèdre) sur un essai de système viticole à bas niveau d'intrants phytosanitaires au Domaine du Chapitre
© Y. Bouisson/UMR System

Réduire l'usage des pesticides par la protection intégrée en viticulture

Le projet européen PURE* (FP7, 2011-2015) a associé 24 partenaires de 10 pays pour mettre au point des stratégies de protection intégrée visant à réduire la dépendance aux pesticides des principales filières de production végétale. Il s'agissait d'aider ces filières à se conformer aux réglementations européennes pour réduire leurs impacts sur la santé humaine et sur l'environnement tout en continuant à assurer une production alimentaire satisfaisante en quantité et en qualité.

L'UMR System a contribué aux activités dédiées à la viticulture et, en particulier, à l'évaluation de systèmes de culture viticoles à bas niveaux d'intrants phytosanitaires. Deux voies ont été explorées : (1) le recours à des outils d'aide à la décision pour la réduction, d'une part, du nombre d'applications et, d'autre part, des doses de pesticides, (2) l'utilisation systématique de produits de biocontrôle.

Afin d'évaluer la durabilité des stratégies innovantes de protection intégrée en viticulture, définies et expérimentées par les partenaires

du projet, l'outil d'analyse multicritère DEXiPM a été adapté à la vigne. Cet outil décline les dimensions environnementale, économique et sociale de la durabilité en critères et sous-critères de façon à agréger en les pondérant dans un « arbre de décision » un ensemble d'indicateurs d'évaluation. Ces indicateurs qualitatifs ont été formulés pour être facilement recueillis sur le terrain.

Les résultats montrent que si la stratégie de biocontrôle est plus performante d'un point de vue environnemental, elle l'est moins d'un point de vue économique et le recours aux outils d'aide à la décision offre le meilleur compromis entre performances économique et environnementale et acceptabilité par les viticulteurs.

* Projet « Innovative crop protection for sustainable agriculture » (FP7, 7^e programme-cadre de l'Union européenne)

Contact : Raphaël Métral, raphael.metral@supagro.fr

Pour plus d'informations : www.pure-ipm.eu

Modélisation des pertes de récoltes dues aux ravageurs et maladies de la vigne

L'action-clé DAMAGE du métaprogramme SMaCH (*Sustainable Management of Crop Health*/Gestion Durable de la Santé des Cultures) de l'Inra regroupe des projets de recherche sur les pertes de récolte dues aux bioagresseurs (maladies et ravageurs) sur différentes cultures (vigne, caféier et cultures fruitières). L'UMR System, en collaboration avec l'UMR Santé et Agroécologie du vignoble (SAVE, Inra Bordeaux), coordonne le projet axé sur la vigne.

Au sein du Domaine du Chapitre, des données expérimentales ont été recueillies pendant trois saisons (2013-2015) sur les dynamiques des principaux bioagresseurs de la vigne — mildiou, oïdium, Botrytis et tordeuses de la grappe — et sur le rendement ainsi que ses différentes composantes. Pour cela, deux systèmes viticoles du programme EcoViti ont été testés sur une parcelle de cépage grenache : Innobio (prophylaxie par ébourgeonnage, effeuillage, etc.) et IPM -50 (sans produits classés toxiques). Un essai sur les capacités de la vigne à compenser des pertes précoces causées par des maladies ou ravageurs en début de saison a également été entrepris à Montpellier en parallèle avec des parcelles expérimentales du Bordelais.

Ces données seront mises en relation avec celles précédemment acquises par l'UMR SAVE dans le Bordelais, et utilisées pour créer et paramétrer un modèle permettant de relier situations de production viticole (climat et niveau de stress biotiques) et pertes de rendement. À terme, ce modèle devrait permettre de hiérarchiser les problèmes liés aux maladies et ravageurs.

Contact : Nathalie Smits, smits@supagro.inra.fr

Réduire la dépendance des exploitations viticoles aux pesticides

Afin de répondre aux objectifs du plan Ecophyto du ministère de l'Agriculture qui vise à réduire de 50 %, en France, l'utilisation des produits phytosanitaires d'ici 2025, les travaux de recherche et développement menés depuis 2013 par l'UMT *Ecotech-Viti* (IFV, Irstea, Montpellier SupAgro) ont pour but de réduire la dépendance des exploitations viticoles aux produits phytosanitaires tout en maintenant leur compétitivité pour une viticulture durable. Ces travaux s'articulent autour des thèmes suivants :

- développement d'outils d'aide à la décision en viticulture conventionnelle et biologique pour optimiser l'utilisation des intrants phytosanitaires ;
- évaluation des performances agroenvironnementales des technologies de pulvérisation pour encourager l'achat de pulvérisateurs performants et l'adoption de pratiques optimisées ;
- contribution au développement et à l'usage de technologies innovantes

(capteurs de suivi des opérations, capteurs de mesure de végétation, etc.) pour aider les agriculteurs à sécuriser leurs applications ;

- développement de formations (initiales et continues) et d'actions de communication dans le domaine des technologies innovantes d'épandage des produits de protection des plantes.

Pour mener à bien ces travaux, l'UMT regroupe des chercheurs, des ingénieurs et des techniciens spécialisés dans le domaine de la viticulture, des agroéquipements et des capteurs. Ces travaux sont réalisés en étroite collaboration avec les équipementiers (constructeurs de pulvérisateurs, de buses et de capteurs), les techniciens en agroéquipement des chambres d'agriculture et les professionnels agricoles. Ce projet structurant entre acteurs de la recherche, du développement et de l'enseignement, permet ainsi une valorisation et un transfert rapide des travaux de recherche.

Dans le cadre de cette UMT, un nouvel outil, la vigne artificielle EvaSprayViti

(cf. p. 64), a été développé pour caractériser de façon reproductible les performances agroenvironnementales des pulvérisateurs viticoles et les pratiques d'utilisation de ces appareils. Les premiers résultats des travaux engagés avec cet outil confirment que l'optimisation de la pulvérisation et la mise en œuvre de la pulvérisation de précision sont des leviers très importants pour réduire l'utilisation des produits phytosanitaires. En effet, des écarts de performance importants sont enregistrés selon le type de matériel utilisé et les pratiques d'utilisation. D'autre part, une réduction importante de l'utilisation des produits phytosanitaires en toute sécurité nécessite une approche globale à la croisée des chemins entre les travaux de recherche dans le domaine des technologies (agroéquipements, capteurs, technologies de l'information et de la communication [TIC]), de l'agronomie (sélection variétale, épidémiologie, systèmes de culture), de l'économie et de la sociologie (appropriation des innovations).

▼ *Pulvérisateurs avec panneaux récupérateurs* © IFV



▲ *Site de l'Irstea, centre de Montpellier* © C. Fatou

Impact de la gestion de la biodiversité dans les vignobles sur les communautés d'acariens prédateurs Phytoseiidae

La diversification des agrosystèmes aurait pour conséquences (1) une ressource alimentaire limitée pour les ravageurs spécialistes et (2) une diversité et pérennité de ressources alimentaires et d'habitats supérieures pour les auxiliaires. Les travaux menés par le Centre de Biologie pour la Gestion des Populations (UMR CBGP) portent sur les acariens prédateurs généralistes (Phytoseiidae), auxiliaires les plus efficaces en viticulture. Ils visent à caractériser le rôle des infrastructures agroécologiques à différentes échelles (parcelle, environnement proche des parcelles, paysage) pour proposer à terme des solutions de gestion des agrosystèmes.

Des approches « parcelle centrée » (gestion agroforestière de vignes associées à des pins et des corniers) montrent que la diversité végétale n'aboutit pas à une diversité des prédateurs. Cependant, cela ne remet pas en cause les applications en contrôle biologique car les espèces observées, à la fois sur les arbres et la vigne, sont des auxiliaires efficaces. Ces études ont également montré que le cépage a un effet plus important que la gestion agroforestière sur les densités de Phytoseiidae. Enfin, même si les arbres co-plantés constituent des réservoirs de prédateurs, cette influence est

à moduler selon des facteurs comme la compétition, l'ombre des arbres et le pollen (quantité, nature) déversé sur la vigne et dont les effets sur les densités de Phytoseiidae restent encore à étudier. Plusieurs études sur l'effet de l'environnement proche de la vigne ont démontré la présence de ces prédateurs, notamment *Kampimodromus aberrans* sur le micocoulier, le figuier, le chêne pubescent et le cornouiller sanguin, faisant de ces espèces végétales de bons candidats pour une gestion raisonnée des agrosystèmes viticoles. Enfin, l'approche « paysage », initiée en 2014, tend à montrer une relation entre la complexité du paysage et les densités de Phytoseiidae et de pollen.

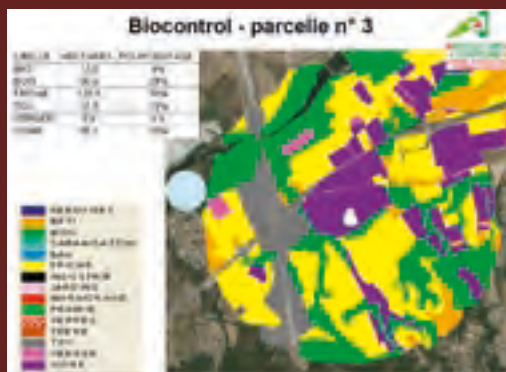
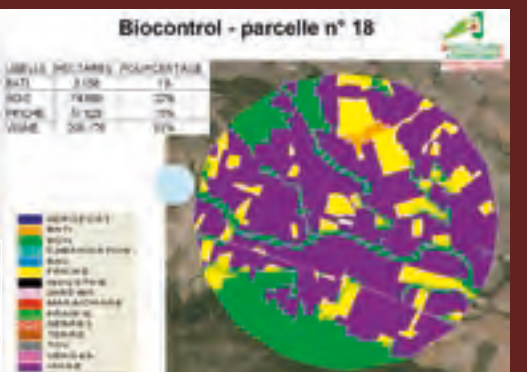
Les attentes en termes de gestion agroécologique sont importantes. Même si ces études ont permis certaines avancées, beaucoup d'inconnues restent à lever concernant les interactions entre facteurs agronomiques, écophysologiques et impact sur les Phytoseiidae. Lever ces inconnues nécessite le développement de collaborations futures entre disciplines et objets d'étude différents.

Contacts : Marie-Stéphane Tixier, marie-stephane.tixier@supagro.fr
 Martial Douin, martial.douin@supagro.fr
 Ghais Zriki, ghais.zriki@supagro.inra.fr
 Serge Kreiter, serge.kreiter@supagro.fr

Pour plus d'informations : www6.montpellier.inra.fr/cbpg

▼ Dispositif de deux parcelles aux environnements contrastés dans les Pyrénées-Orientales

© Chambre d'agriculture des Pyrénées Orientales



▲ Phytoseiidae

© G. Zriki/Montpellier SupAgro

Une exploitation languedocienne au service de la formation et du développement vitivinicole

Le **Domaine du Chapitre** est l'un des deux domaines expérimentaux de Montpellier SupAgro. Situé à Villeneuve-lès-Maguelone à 10 kilomètres du campus de La Gaillarde, le domaine s'étend sur 130 hectares dont 35 hectares de vignoble. Sept agents (Inra, Montpellier SupAgro) assurent la gestion, l'entretien des cultures et la commercialisation des productions. L'enseignement, l'expérimentation et le transfert des innovations vitivinicoles y sont abordés aux échelles de la parcelle et de l'exploitation.

Longtemps consacré exclusivement à la sélection de la vigne et à la diffusion des nouvelles variétés, le domaine est aujourd'hui engagé, en collaboration étroite avec le Domaine de Vassal, dans la conservation des ressources génétiques « vignes les plus rares » (conservatoire hors-sol). Le domaine accueille par ailleurs les parcelles d'expérimentation

conduites par l'UMR AGAP sur les programmes d'étude de gènes d'intérêt agronomique et de sélection de géniteurs résistants. Enfin, au sein de l'UMT Géno-Vigne®, le domaine installe et conduit les parcelles d'étude de l'adaptation au changement climatique de cépages étrangers. Le domaine assure également, en partenariat avec l'IFV, la multiplication des variétés issues des programmes de sélection et leur diffusion au sein de la filière viticole.

Le Domaine du Chapitre collabore aussi depuis plus de 10 ans avec l'UMR System. Le vignoble de production est le support de programmes d'études des pratiques agronomiques viticoles, d'évaluation des performances de systèmes viticoles conventionnels et innovants, à l'échelle de la parcelle. Ce dispositif permet d'analyser différentes options agronomiques de réduction des intrants phytosanitaires en viticulture ainsi que l'impact des pratiques culturales retenues sur le milieu.

Depuis 2015, le domaine s'est engagé dans un projet ambitieux qui vise à créer un site opérationnel de la



▲ Vue du domaine du Chapitre

© Montpellier SupAgro

viticulture numérique à l'échelle de l'exploitation vitivinicole et d'y associer les entreprises porteuses des dernières évolutions technologiques développées en agriculture (suivi et conduite de la parcelle, pilotage des équipements et du matériel, organisation des travaux, gestion de l'exploitation). Piloté par l'UMR ITAP (cf. p. 48), ce projet fédère déjà plusieurs partenaires dont les entreprises Vivelys (société de conseil et de développement d'outils pour le secteur vitivinicole, hébergée par l'hôtel d'entreprises du Domaine du Chapitre) et SMAG (Smart Agriculture, éditeur de logiciels agricoles à Montpellier).