

Année de l'AAP : 2007

Projet N° 07015 Achevé

Titre du projet : Analyse et prédiction de la variabilité spatiale et temporelle de l'état hydrique de la vigne à l'échelle micro-régionale à partir d'un réseau de mesures locales et de données spatiales multi-sources.

Unité responsable du projet : LISAH (Laboratoire d'étude sur les interactions entre sol, agrosystème et hydrosystème) (INRA, IRD, Montpellier SupAgro) et UMR ITAP (Cemagref)

Porteurs de projet : Philippe Lagacherie (LISAH, lagache(a)supagro.inra.fr) and Bruno Tisseyre (ITAP)

Pays associés au projet : Australie

Unités de recherche du réseau scientifique d'Agropolis Fondation associés : AMAP, BGPI,

Sous-axes thématiques : DSTI-1 : Innovations agro-environnementales, agro-écosystèmes, gestion des ressources

Objectifs :

La surveillance de l'état hydrique de la vigne dans le temps (tout au long de la saison) et dans l'espace est très importante pour les viticulteurs. Cet état hydrique est essentiel à tous les stades de la production puisqu'il influe sur la vigueur de la vigne, son rendement et la qualité de la récolte. Il constitue ainsi l'une des principales informations sur lesquelles s'appuient les producteurs pour gérer leurs exploitations. La connaissance précise et opportune de l'état hydrique de la vigne devrait être à la base de toute gestion saisonnière visant à optimiser le rendement et la qualité de la production. Une gestion contrôlée est particulièrement pertinente dans les vignobles irrigués où les viticulteurs maîtrisent dans une certaine mesure les conditions hydriques des sols. Au-delà de la production vinicole, il est également indispensable de connaître les variations spatio-temporelles de l'état hydrique de la vigne pour évaluer les ressources hydriques et prévoir leur évolution au regard des changements climatiques intervenant dans les zones méditerranéennes où la vigne est une culture dominante.

L'état hydrique d'une plante varie cependant considérablement dans le temps selon le climat annuel. Il présente en outre une grande variabilité spatiale d'un vignoble et d'une parcelle viticole à l'autre selon la variabilité spatiale du terrain (site). Aussi est-il habituellement un paramètre très difficile et très coûteux à mesurer et à gérer pour les viticulteurs. En conséquence, les études menées dans ce domaine portent sur une échelle soit très grande (région) ou très petite (cep).

Les études à grande échelle (région) s'appuient sur des données climatiques et paysagères portant en particulier sur les tendances constatées d'une région à l'autre et les réponses moyennes pour modéliser les impacts climatiques et environnementaux sur l'état hydrique de la vigne et sur la production de raisin. Les modèles ainsi obtenus sont insuffisamment précis sur le plan spatial pour servir à la gestion d'un vignoble, qui nécessite de comprendre les variations intervenant à cette échelle intermédiaire. Inversement, plusieurs travaux de recherche s'intéressent aux mesures ponctuelles des interactions vigne-sol-climat à l'échelle du cep. Elles sont une bonne source d'informations sur les interactions en présence, mais l'échantillonnage est souvent mal conçu ou insuffisamment dense pour extrapoler l'information à l'échelle de la parcelle viticole ou du vignoble entier.

Ainsi les modèles existants manquent-ils de souplesse pour permettre les changements d'échelle, agrégation ou désagrégation, au niveau du vignoble. Ce projet vise à mettre au point un nouveau modèle, qui intègre les dernières avancées de l'agriculture de précision et des techniques pédologiques (détection et cartographie), afin d'apporter des informations sur une échelle compatible avec la gestion des vignobles.

Les travaux porteront sur le domaine expérimental de Pech-Rouge (Aude), où toutes les sources d'information requises pour tester l'approche envisagée et concevoir le modèle sont déjà disponibles.

Ce modèle aura plusieurs avantages :

- fournir aux viticulteurs des informations plus opportunes et plus précises sur l'état hydrique de la vigne pour les aider à optimiser son rendement et sa qualité (une meilleure gestion produit un meilleur vin, et peut conduire à une industrie plus compétitive et plus durable) ;
- permettre une modélisation à plus petite échelle de l'incidence du changement climatique sur la production viticole, voire permettre la définition d'un modèle capable de faciliter la localisation et le tracé de nouvelles plantations ou replantations viticoles ;
- aider les exploitants et les organismes de réglementation à mieux comprendre l'effet potentiel des pratiques d'irrigation sur la production viticole dans le Languedoc en modélisant l'irrigation à l'échelle d'un vignoble.

Actions menées et résultats obtenus :

Deux domaines de recherche étroitement reliés ont été appréhendés dans ce projet. Ils concernent a) l'évolution spatiale et temporelle de la contrainte hydrique de la vigne dans la plaine viticole du Languedoc et b) la façon dont les informations relatives au stress hydrique de la vigne peuvent être utilisées pour cartographier numériquement les propriétés du sous-sol à l'échelle régionale.

La première année de recherche s'est principalement concentrée sur le premier domaine - avec une analyse approfondie i) des facteurs environnementaux qui déterminent la contrainte hydrique de la vigne ainsi ii) qu'une analyse fine de la variabilité de la contrainte hydrique à différentes échelles spatiales (placette, parcelle, unité pédologique, etc.). Cette étude a permis de mettre en évidence que l'expression végétative de la plante constituait le meilleur indicateur en cours du cycle végétatif alors que le sol et l'unité pédologiques constituaient le meilleur indicateur en fin de cycle, lorsque la contrainte hydrique est la plus importante. Cette étude a également permis de montrer que la variabilité spatiale de la contrainte hydrique des plantes était suffisamment importante pour justifier la mise en œuvre de pratiques modulées à l'échelle d'un vignoble. Deux modèles spatiaux ont été proposés et publiés. Ces modèles, basés sur des mesures relatives ou absolues, permettent de spatialiser la contrainte hydrique à l'échelle de la parcelle à partir d'une mesure effectuée sur un site de référence. La qualité de prédiction des modèles proposés s'est avérée compatible avec les exigences pratiques liées, par exemple à la conduite de l'irrigation. Le modèle de la variabilité temporelle de l'état hydrique des plantes a fait l'objet d'une recherche au cours de la deuxième année. L'objectif du modèle temporel était de limiter le recours aux mesures de références nécessaires au modèle spatial. La base de données élaborée nous a permis de montrer que la relation linéaire qui existait à l'échelle de la parcelle, entre deux mesures de potentiel hydrique réalisées sur des sites différents, pouvait être extrapolée à l'échelle de l'unité pédologique. Il en résulte qu'une mesure de référence, effectuée sur un site, peut être extrapolée aux parcelles appartenant à la même unité pédologique, ce qui permet de réduire le nombre de points de référence nécessaires pour utiliser le modèle spatial proposé. Nos résultats ont également montré que l'extrapolation entre unités pédologiques était possible sous certaines restrictions.

La variation de la contrainte hydrique au cours de la saison a également fait l'objet d'un modèle reposant exclusivement sur des données climatiques. Ce modèle a été étalonné sur la station expérimentale INRA de Pech-Rouge (Gruissan, Aude,). L'intérêt d'un tel modèle est de s'affranchir des mesures directes sur la plante. La qualité de prédiction de ce modèle s'est avérée suffisante pour les opérations de gestion usuelles à l'échelle d'un vignoble. Un tel modèle est dépendant des conditions pédologiques et climatiques sur le site considéré. Toutefois, des travaux préliminaires ont montré que le transfert du modèle temporel sur deux sites distants (~ 100 km) est relativement simple puisqu'il nécessite seulement la détermination d'un coefficient local de correction linéaire, ce qui peut être aisément réalisé avec quelques points de mesures.

Les modèles spatiaux et temporels sont actuellement en phase d'intégration et des analyses sont en cours pour déterminer la sensibilité et la précision des différents modèles spatio-temporels. Il s'agit, en particulier de vérifier si les erreurs de prédiction générées par les deux modèles intégrés restent compatibles avec les précisions requises pour le pilotage de certaines opérations en viticulture.

En ce qui concerne le second domaine de recherche - la cartographie numérique des sols -, les recherches ont été principalement menées au cours de la deuxième année. Ces travaux ont été basés sur une nouvelle approche développée à l'UMR LISAH pour cartographier l'évapotranspiration (ET) à l'échelle de la région. Les essais de modélisation ont démontré que l'ajout des données ET, relatives au fonctionnement des plantes, permettait d'améliorer les prédictions et la cartographie de la profondeur du sol (réserve utile), par rapport à une approche classique reposant sur des covariables environnementales et topographiques seules. Les modèles ont été testés à l'échelle d'un bassin versant (le bassin versant de La Peyne, Hérault, France), ce qui a permis de démontrer que dans les situations de monoculture, la croissance des plantes constituait une covariable importante pour améliorer la précision et la résolution des prédictions des propriétés du sous-sol qui ne sont pas directement accessibles par télédétection. L'ET, qui est un indicateur de la contrainte hydrique de la plante, s'est avéré particulièrement pertinent pour modéliser et cartographier la profondeur et la réserve utile du sol.

En plus de ces travaux, le Dr Taylor a également participé à plusieurs collaborations avec d'autres équipes du Campus de La Gaillarde ainsi qu'avec des partenaires internationaux. Ces collaborations ont principalement concernées les domaines de l'agriculture de précision et de l'arboriculture.

Articles :

Taylor, J.A. Coulouma, G., Lagacherie, P. and Tisseyre, B. (2009) Mapping soil units within a vineyard using statistics associated with spatial data and factorial discriminant analysis. *Geoderma*, 153, p278-284 (doi: 10.1016/j.geoderma.2009.08.014)

Taylor, J.A. Acevedo-Opazo, C., Ojeda, H. and Tisseyre, B. (2009) Identification and significance of sources of spatial variation in grapevine water status. *Aust. J. Grape Wine Res.* 16(1) p218-226 (doi: 10.1111/j.1755-0238.2009.00066.x)

Pedroso M., Taylor, J.A., Tisseyre, B., Charnomordic, B and Guillaume, S. (2009) A segmentation algorithm for the delineation of management zones. *Comput. Electron. Agric.* 70, p199-208 (doi: 10.1016/j.compag.2009.10.007)

Acevedo-Opazo, C., Tisseyre, B., Taylor, J.A., Ojeda, H. and Guillaume, S. (2010) A model for the spatial prediction of water status in vines (*Vitis vinifera* L.) using high resolution ancillary information. *Precis. Agric.* (On-line First) (doi: 10.1007/s11119-010-9164-7).

Moacir Pedrosoa, James Taylor, Bruno Tisseyre, Brigitte Charnomordic, Serge Guillaume (2010) A segmentation algorithm for the delineation of agricultural management zones. *Computers and Electronics in Agriculture*. Volume 70, Issue 1, January 2010, Pages 199-208

Perspectives :

A court terme (1-2 ans), le Dr Taylor continuera à travailler avec les Drs Tisseyre et Lagacherie sur plusieurs articles scientifiques relatifs aux recherches entreprises lors de ce séjour post-doctoral. Il travaillera également sur un autre article scientifique relatif à un algorithme de segmentation spatiale, ce travail scientifique est issu de collaborations avec les UMR ITAP et ASB. À moyen terme (3-5 ans), les partenaires du projet envisagent de présenter des demandes de financement au niveau européen pour développer les méthodes proposées sur la cartographie numérique des sols à l'aide de covariables relatives au développement végétatif des plantes. Le Dr Taylor est également impliqué dans un projet en cours avec le Dr Tisseyre et l'Institut Français de la Vigne et du Vin. Ce projet est relatif à la gestion de la contrainte hydrique de la vigne à l'échelle d'une appellation contrôlée (Syndicat de cru de Tavel). A plus long terme (+5 ans), les collaborations entreprises entre le Dr Taylor, l'UMR LISAH et l'UMR ITAP devraient perdurer sur le thème de la spatialisation de l'état hydrique des plantes.

Financement total par Agropolis Fondation : 111 632 € (salaire pour un post-doctorant, frais de déplacement, frais de fonctionnement)

Catégorie(s) de soutien : Allocation post-doctorale

Durée du projet : 2 janvier 2008 – 21 octobre 2010

Mots clés : vin – vigne – modélisation – irrigation – état hydrique