



**Agriculture de précision :
un potentiel de technologie
au service de la maîtrise qualitative
et environnementale de la production viticole**

Marc Raynal, Sylvain Guittard, Christian Debord, Alexandre Davy, Marc Vergnes :

IFV Bordeaux-Blanquefort - Tél : 05 56 35 58 80

marc.raynal@vignevin.com

Damien Lacroix – stagiaire mémoire fin d'études : Enita de Bordeaux

Du satellite au cep de vigne*, les nouvelles technologies basées sur le traitement numérique de l'information, se développent à toutes les échelles. Qu'elles soient globales, issues d'aéronefs, ou locales, embarquées en proxy détection sur des engins agricoles, les solutions proposées trouvent des domaines d'application de plus en plus nombreux pour faciliter la gestion qualitative de la production et améliorer les impacts environnementaux.

« L'hétérogénéité n'est pas une maladie » nous disait, sous forme de boutade, François Mimiague, professeur de statistique à l'université Victor Ségalen de Bordeaux 2, lors d'une réunion de travail préparatoire du projet Optidose. C'est pourtant un état de fait toujours combattu par l'industrie en général, et de nos jours encore par l'agriculture moderne, singulièrement confrontée aux exigences antagonistes de l'adaptation au vivant et de l'automatisation des tâches. Tous les progrès accomplis au cours du siècle passé ont en effet été orientés vers des systèmes visant à effacer ces différences au profit d'une gestion automatisable mais en contrepartie uniforme de la production. Ces techniques d'amélioration du matériel végétal, ont remporté un tel succès que seuls les effets du sol et la notion de terroir génèrent encore des sources de variabilité si non maîtrisées, au moins subies.

Depuis les années 1980, l'essor de l'informatique et sa démocratisation se sont progressivement ouverts sur des systèmes de traitement de l'information permettant de gérer des quantités de données toujours plus importantes. Ces méthodes nouvelles atteignent des degrés de finesse permettant de différencier objectivement des différences minimes, voire infinitésimales. Les constats d'hétérogénéité, bien cernés par la connaissance empirique des anciens sont alors remis à jour par des méthodes scientifiques. Mais, les outils actuels n'étant le plus souvent conçus que pour gérer une adaptation au mieux interparcellaire, à défaut d'être corrigeables, ces hétérogénéités sont alors le plus souvent ignorées.

La miniaturisation informatique, et le durcissement des outils proposés permettent maintenant de concevoir des outils intelligents, à « géométrie variable », capables, jusqu'aux limites techniques imposées, de traiter cette variabilité intra-parcellaire résiduelle.

Le potentiel de réduction des intrants phytosanitaires qu'offrent ces technologies va sans doute bien au-delà de l'objectif des 50 % fixé par les récentes conclusions du Grenelle de l'environnement : des essais préliminaires conduits à l'IFV de Bordeaux montrent qu'une réduction de 50 % de la concentration d'une bouillie de traitement nous permet d'obtenir des dépôts de matière active équivalents au niveau du plan de palissage, en fonction de la densité de végétation développée par cep.

Compte tenu de la précision du géoréférencement des points de mesure, cette capacité d'adaptation des outils devient envisageable à l'échelle de l'individu, au cep près, voire en deçà dans le cas de certaines applications, herbicides notamment.

Le texte suivant propose un rapide état des lieux, non exhaustif, des technologies existantes ou en cours de développement.

* : cf. thème de la conférence Euroviti 2005

Le géo positionnement

Le géopositionnement Global Positioning System (GPS), est donné par la mesure du temps mis par le signal émis par un satellite pour atteindre la position au sol. L'orbite du satellite étant connue avec précision, le temps de réception du signal est fonction de la distance du point au satellite. Le recoupement de cette information entre les différents signaux émis par l'ensemble des satellites, permet de positionner un point sur le globe. La précision de la mesure est fonction de la synchronisation entre l'horloge interne du GPS et celle du satellite. Elle dépend aussi du nombre de satellites réceptionnés. 4 à 5 sont le plus souvent nécessaires pour donner une précision classique de l'ordre de quelques mètres.

Le GPS différentiel corrige l'approximation de cette mesure lorsqu'il capte le signal émis par un satellite géostationnaire. Cette balise spatiale de référence permet d'améliorer les mesures et d'atteindre une précision submétrique de l'ordre de 50 à 60 cm, soit inférieure au déploiement d'un cep de vigne.

La mesure RTK (Real Time Kinetic) permet d'atteindre une position centimétrique (2 à 3 cm) en corrigeant cette signalisation spatiale par l'analyse de signaux émis par des balises fixes au sol dont la position est connue avec précision. Un réseau de balises déployées au sol peut ainsi permettre de localiser avec précision l'emplacement géographique d'une grappe de raisin ou un symptôme de maladie. Il permet aussi d'assurer avantageusement le pilotage des engins en libérant le chauffeur de l'attention permanente requise pour assurer un travail de qualité. Cette disponibilité peut alors être mise à profit pour assurer le suivi et contrôle des travaux réalisés.

La fréquence à laquelle le GPS délivre sa position, conditionne enfin la précision de la localisation des mesures ou travaux effectués. Elle varie de 1 à 10 Hertz, pour des appareils du commerce, soit 1 à 10 positions délivrées par seconde. Un appareil fonctionnant à 1 Hz et roulant à 5 km/h délivre ainsi une position tous les 1,4 mètres, distance supérieure à celle habituellement déployée par un cep sur le rang.

Les capteurs de télédétection

Les capteurs multi et hyperspectraux sont utilisés en télédétection. Les multispectraux mesurent la réflectance du support observé sur plusieurs canaux définis. Les hyperspectraux mesurent la réflectance sur un intervalle continu de longueur d'ondes. Ces capteurs sont embarqués sur les satellites ou sur des avions. La miniaturisation de ces procédés permet leur installation sur des ULM permettant de faciliter l'acquisition des mesures, voire leur utilisation devient envisageable en proxidtection : embarqués sur des engins agricoles ils améliorent ainsi la résolution des mesures.

La résolution des données satellite est très variable, tout comme celle des photographies aériennes. L'utilisation d'images satellite haute résolution donne des informations sur la nature des sols pouvant aboutir à leur cartographie. Elle permet aussi de différencier l'occupation des sols par la végétation. La culture discontinue de la vigne présente une alternance qui oblige un post traitement fastidieux pour pouvoir analyser les indices de végétation.

Les mesures hyperspectrales distinguent des variétés végétales qui ont chacune leur signature propre. Les recherches en cours laissent penser que ces techniques pourront permettre de déceler la présence de maladies par proxidtection avant même la manifestation visible des symptômes.

Les photographies aériennes

Parce qu'elles n'ont pas de composante spectrale au-delà du visible, les photos aériennes ne peuvent pas être utilisées seules pour caractériser la vigueur végétale surtout sur une culture discontinue le plus souvent conduite sur un palissage vertical telle que la vigne. Leur exploitation requiert une expertise conjointe sur le terrain pour délimiter et identifier le zonage visuel établi. D'un coût plus abordable, les sources photographiques sont multiples et variées permettant de choisir la date des prises de vue et leur résolution. Des données grand public et gratuites comme celles fournies par le Géoportail de l'IGN (résolution de 50 cm sur tout le territoire français) ou Google Earth permettront d'approcher facilement les notions de zonage parcellaire.

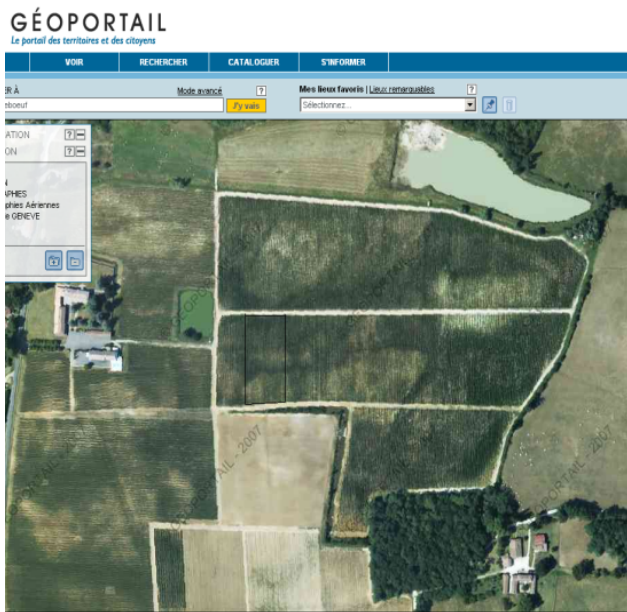


Figure 1 : illustration de la variabilité intraparcélaire sur vigne offerte par la vue aérienne du Géoportail IGN

Les capteurs agricoles de proxidtection

La télédétection repose sur l'analyse passive du rayonnement naturel. La proxidtection, parce qu'elle analyse un phénomène beaucoup plus local, repose quant à elle le plus souvent sur des capteurs actifs pour s'affranchir des variations naturelles du rayonnement incident. Les deux types de capteurs mesurent les propriétés d'absorbance et de réflectance de lumière par les végétaux : le rayonnement incident est modifié lors de sa pénétration dans la végétation. De nombreux facteurs tels que l'architecture du couvert végétal, les caractéristiques des feuilles, leur épaisseur, les propriétés optiques du sol, ou la proportion des rayonnements direct et diffus, influencent l'absorption du rayonnement par le couvert végétal.



Figure 2 : montage de 2 cellules greenseeker RT 200 sur automoteur Solo

Les capteurs mesurent les proportions de rayonnement réfléchi et incidents dans le rouge et le proche infrarouge afin de calculer un indice de végétation normalisé baptisé NDVI (Normalized Differential Vegetation Index). Plusieurs produits évaluant cet indice et permettant ainsi de caractériser la vigueur des plantes sont commercialisés : le GreenSeeker[™] développé par N-Tech Industries, le Crop Circle développé par Holland Scientific ou encore le N-Sensor de la société Yara donnent des estimations de la biomasse, et des quantités de chlorophylle permettant d'évaluer l'état du feuillage et la nutrition azotée.

La résistivité électrique des sols

Développée par la société Géocarta, cette mesure de résistivité électrique représente la capacité du sol à s'opposer à la circulation du courant électrique. Elle permet ainsi d'effectuer un zonage des

entités de sol homogènes. Les cartes de haute résolution ainsi proposées permettent de positionner sur des critères objectifs, les zones d'observations - fosses pédologiques, suivis en végétation et contrôles de maturité - corrélées à la croissance et à l'état de la plante. Précises et objectives, elles sont une aide à la décision pour des choix techniques appropriés.

Le Multiplex

Basés sur le principe de la fluorescence, une famille de capteurs proposés par la société Force A permet de caractériser d'autres signatures physiologiques telles que la teneur en chlorophylle des feuilles, ou la concentration en polyphénols dans les baies. Ce capteur n'est encore qu'un prototype piéton qui ne peut servir qu'à des prises de mesures ponctuelles. Il ne délivre pas une information en temps réel permettant une cartographie des résultats.

La technologie Lidar

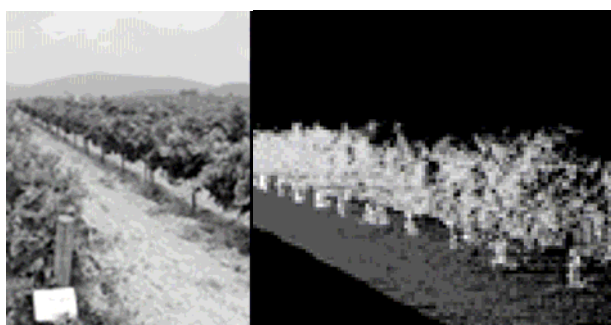


Figure 3 : image LIDAR d'un rang de vigne
(Source : VIII Workshop on Spray Application
Techniques in Fruit Growing. Barcelona 2005)

La technologie LIDAR (Light Detection and Ranging) repose sur le principe d'une mesure similaire à celle du Radar (Radio Detection And Ranging). Elle est basée sur l'analyse optique des propriétés d'une lumière laser renvoyée vers son émetteur, alors que le radar analyse le retour d'une onde radio. La distance à un objet ou à une surface est donnée par la mesure du délai entre l'impulsion et la détection du signal réfléchi. Le LIDAR a des applications dans

de nombreux domaines ; il offre la possibilité de reconstituer des objets tels que des rangs de vigne, en 3 dimensions. Cet appareil est actuellement testé à l'université de Lérida,

en Espagne. Ce type de capteur donnant des informations sur la densité de végétation pourrait s'avérer très utile pour ajuster les doses de produits phytosanitaires pulvérisées sur la végétation.

Les LAI : LAI-2000 et LAI-L

Ces deux capteurs mesurent la quantité de lumière disponible au cœur de la végétation, après passage du flux lumineux au travers de la canopée. Celle-ci est inversement proportionnelle au développement de la surface foliaire aussi appelé LAI (Leaf Area Index).

Le LAI 2000 de la société Li-COR calcule le LAI à partir de mesures effectuées selon cinq angles de vues.

Le LAI-L (Leaf Area Index Light) a été conçu sur le même principe par une équipe du Centre d'Energie Atomique de Saclay pour développer un outil portable et bon marché. Il est utilisé en forêts tropicales et a été testé pour suivre la dynamique de croissance de différentes variétés de maïs. Le capteur piéton est relié à un ohmmètre qui délivre une valeur de résistance photoélectrique fonction de la disponibilité lumineuse. L'atténuation de la lumière par les rideaux successifs de feuille est liée au LAI par une loi mathématique (Beer-Lambert).

Ces trois derniers capteurs sont encore au stade de développement ou d'expérimentation. Ils offrent, à terme, des possibilités d'utilisation pour caractériser la vigueur de la vigne ou assurer un zonage intra parcellaire.

A l'avenir, ces différentes technologies serviront de base de combinaison entre elles pour constituer des chaînes d'acquisition de l'information. A l'aval, ces données pourront servir à l'automatisation des outils de production, traitements phytosanitaires ou autres.

Copyright MatéVi. Toute reproduction totale ou partielle des contenus est strictement interdite. Pour pouvoir les diffuser, contactez-nous.