



CULTIVER L'EXPERTISE  
DIFFUSER LE SAVOIR

## **Réflexion sur l'état d'adoption des technologies d'agriculture de précision au Québec**

**Commission géomatique agricole  
et agriculture de précision**

**Juin 2015**

## Avertissements

Les produits, services et organisations mentionnés dans ce document le sont à titre d'exemples et cela ne signifie pas le CRAAQ les cautionne. Le lecteur est invité à s'informer sur l'ensemble des produits et services offerts en agriculture de précision.

## Rédacteurs

Marie-Christine Bélanger, Ph.D., analyste en gestion des risques agricoles, Financière agricole du Québec - Développement international et membre de la Commission géomatique et agriculture de précision;

Yacine Bouroubi, Ph.D., Scientifique en chef – Observation de la Terre, Effigis et membre de la Commission géomatique et agriculture de précision.

## Pour information et commentaires

Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec  
Édifice Delta 1  
2875, boulevard Laurier, 9<sup>e</sup> étage  
Québec (Québec) G1V 2M2  
Téléphone : 418 523-5411  
Télécopieur : 418 644-5944  
Courriel : [client@craaq.qc.ca](mailto:client@craaq.qc.ca)  
Site Internet : [www.craaq.qc.ca](http://www.craaq.qc.ca)

## Sommaire

1. Contexte et objectifs .....	4
2. Outils technologiques.....	5
3. Machinerie agricole.....	6
3.1. La télédétection.....	10
3.2. Solutions logicielles et systèmes d'aide à la décision.....	11
4. Secteur des services en agriculture de précision .....	11
5. Enseignement de l'agriculture de précision.....	14
6. Recherche et développement dans le domaine de l'agriculture de précision.....	15
7. Conclusions et recommandations pour développer le secteur au Québec .....	16
8. Bibliographie.....	18

## 1. Contexte et objectifs

La géomatique et l'agriculture de précision permettent d'adapter la gestion des parcelles agricoles en fonction de la variabilité intra-champ en modulant les interventions ou les traitements selon les besoins et selon la variabilité spatiotemporelle des propriétés du sol et des cultures. Elle vise à développer de bonnes pratiques agricoles permettant de concilier agriculture durable et rentabilité économique.

L'adoption des technologies liées à cette approche s'est faite graduellement dans les deux dernières décennies, avec une cadence plus marquée dans les pays où de très grandes superficies sont en culture. Ici au Québec, il existe un intérêt pour l'agriculture de précision et la géomatique. L'ensemble du « monde agricole » (décideurs, producteurs et conseillers) est tout à fait conscient des enjeux environnementaux liés à leur activité (pollution de l'air et de l'eau, dégradation des sols et de la biodiversité) et de l'importance d'une meilleure utilisation des intrants afin de préserver les ressources naturelles et d'accroître le bénéfice net.

Il reste toutefois important de bien évaluer l'état d'adoption de ces technologies aujourd'hui et de répondre aux questions suivantes : Quelle est la clientèle intéressée ? Est-ce un produit pour tous ? Est-ce facile d'utilisation ? Et est-ce que les coûts associés à ces technologies sont justifiés par les bénéfices que l'on en retire ? Etc.

Au cours de la dernière année, les membres experts de la Commission géomatique agricole et agriculture de précision du CRAAQ se sont penchés sur ces questions et livrent ici les principaux constats qui se dégagent de leurs recherches d'information, réflexions et discussions.

### **Membres de la Commission géomatique agricole et agriculture de précision :**

Athyna Cambouris, agr., Ph.D., chercheure en sol, Agriculture et Agroalimentaire Canada, présidente  
Viacheslav Adamchuck, Ph.D., professeur, Université McGill  
Mario Asselin, agr., M.Sc., PleineTerre  
Isabelle Beaudin, agr., M.Sc., IRDA  
Marie-Christine Bélanger, Ph.D., analyste en gestion des risques agricoles, Financière agricole du Québec - Développement international  
Yacine Bouroubi, Ph.D., Effigis  
Alain Brassard, B.Sc., conseiller spécialisé en agriculture de précision, La Coop fédérée  
Karem Chokmani, Ph.D., professeur-chercheur, INRS Centre-Eau, Terre et Environnement  
Louise-Marie Cloutier, agronome, William Houde  
Gerardo Gollo Gil, agr., M.Sc., MAPAQ  
Lotfi Khiari, agr., Ph.D., professeur, Université Laval  
Joanne Lagacé, B.Sc., chargée de projets, CRAAQ  
Michel Lemieux, Groupe JLD-Laguë  
Louis Ménard, agr., M.Sc., UPA  
Thomas Morier, agr., M.Sc., Ferme T. & G. Morier S.E.N.C.

## 2. Survol sur l'agriculture de précision

L'agriculture de précision vise à gérer les parcelles de la façon la plus saine et optimale possible en combinant les trois axes suivants : agronomique, environnemental et économique. Ainsi, les technologies associées à l'agriculture de précision permettent de détecter l'état du sol ou de la plante et d'intervenir là où c'est nécessaire en utilisant le bon produit, au bon endroit, à la bonne dose et au bon moment.

Pour être efficace, l'agriculture de précision a besoin d'outils de positionnement GPS permettant de connaître et de repérer efficacement sa position géographique ainsi que d'outils de cartographie assistée par ordinateur afin de générer des cartes, d'analyser spatialement les données et de les interpoler, le cas échéant. Il est aussi nécessaire d'acquérir des données en temps réel et cela est possible grâce à des capteurs embarqués ou par l'acquisition d'images via des drones, avions ou satellites. Enfin, pour corriger les problèmes détectés, il est possible d'effectuer divers traitements en variant les doses, par exemple, des applications à taux variables de chaux, d'engrais granulaires ou liquides ou encore de semences.

L'utilisation combinée de ces divers outils permet de corriger adéquatement les problèmes agronomiques observés au Québec et issus en partie de la variabilité intra parcellaire des sols. Ainsi, les zones ayant des besoins plus faibles en intrants recevront des doses plus faibles que la moyenne et celles nécessitant des quantités plus élevées auront des traitements adaptés. Plusieurs études montrent que cette pratique mène à un bilan économique positif.

Il semble qu'il y aurait de deux à trois ans de décalage entre l'adoption des technologies associées à l'agriculture de précision aux États-Unis et leur adoption au Québec. D'une part, parce que les superficies et la forme des terres diffèrent, et d'autre part, en raison des différences de logistiques non négligeables. Le Québec serait cependant plus avancé que les États-Unis au niveau du drainage des terres. De fait, plus de la moitié des technologies d'agriculture de précision utilisées au Québec sont en lien avec le drainage (comme le nivellement par exemple, pour éviter des accumulations d'eau qui autrement occasionnent des pertes de rendement); ces technologies sont beaucoup utilisées au Québec parce qu'elles offrent un excellent retour sur l'investissement, dans nos conditions climatiques.

## 3. Outils technologiques

En plus des technologies de géomatique comme les GPS, les SIG et la télédétection, l'agriculture de précision connaît un développement important en termes de capteurs embarqués (mesures sur le sol et la végétation), matériel de navigation, applicateurs/contrôleurs pour le taux variable, logiciels de gestion et d'aide à la décision (y compris avec recours aux services nuagiques), ainsi qu'une « ruée » vers l'utilisation des drones (Holland, Erickson, & Widmar, 2013).

En analysant les données présentées à la *Figure 1*, il est possible de constater que la technologie ayant connu la plus grande croissance aux États-Unis dans les dix dernières années est sans aucun doute l'autoguidage des équipements agricoles. L'utilisation des images satellites et aériennes a aussi connu une progression significative entre 2011 et 2013.

Au Québec, certaines technologies, comme l'autoguidage, sont plus matures et plus populaires que d'autres. Il y a d'ailleurs eu une première vague d'adoption au cours des dernières années et beaucoup de ventes se font encore aujourd'hui auprès de propriétaires de terres plus petites. Une deuxième vague a débuté plus récemment notamment en raison d'une plus grande disponibilité de cette technologie et à des prix plus bas. Cependant, certains équipementiers s'attendent à une baisse des ventes au Québec étant donné la baisse de prix des grains (2014-2015). La technologie de l'autoguidage est devenue facile à utiliser, peut-être parce qu'il y n'a pas eu beaucoup de nouveautés entre le début des années 2000 et maintenant.

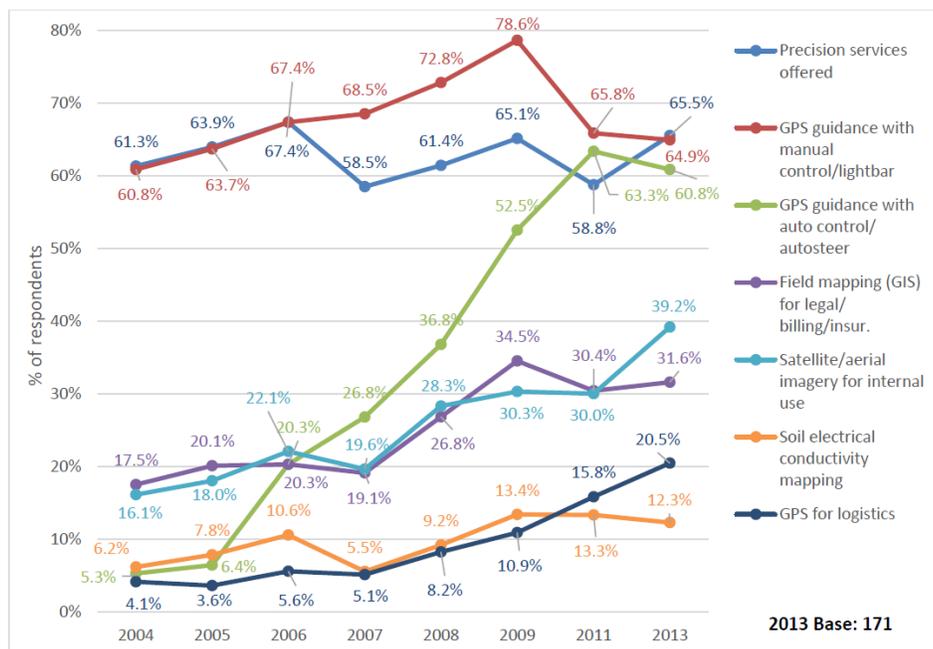


Figure 1 : Utilisation des technologies d'agriculture de précision, en fonction du pourcentage des répondants, entre 2004 et 2013. (Holland, Erickson, & Widmar, 2013).

### 3.1 Machinerie agricole

Les machineries agricoles sont aujourd'hui largement équipées avec des GPS et des systèmes de navigation. Cela permet le positionnement précis de la machinerie, notamment pour l'autoguidage, le nivellement de précision, les mesures des capteurs embarqués (rendement, humidité du sol, indice de végétation par différence normalisée (NDVI), etc.) ainsi que pour les applications à taux variable de fertilisants ou de produits phytosanitaires.

Les capteurs embarqués ont un avenir, car ils permettent l'acquisition de données à haute densité qui pourront être utilisées pour générer des zones de gestion et des recommandations à taux variable. Plusieurs technologies de capteurs sont disponibles et leur mode d'action est varié. Il peut être électrique, électromagnétique, acoustique, mécanique, électrochimique, pneumatique, optique ou encore radiométrique. L'interprétation de ces données par un spécialiste permet de dériver des cartes de sols, de texture ainsi que de la disponibilité de divers éléments (humidité du sol, potassium, azote, teneur en matière organique, pH).

À titre d'exemples, ces mesures peuvent être utilisées comme données d'entrée pour des algorithmes de recommandation de fertilisation azotée. Cependant, il est encore nécessaire d'effectuer une calibration des capteurs sur des plants dits sains. Au Québec, il semble qu'il n'y ait que trois ou quatre utilisateurs des systèmes de type *GreenSeeker*. Ces systèmes permettent de détecter divers niveaux d'azote et d'adapter la fertilisation en temps réel. Un autre exemple est le spectromètre *gamma* qui permet de réaliser une prédiction indirecte de l'eau dans le sol en évaluant l'interaction des rayons gamma avec l'hydrogène mais il est aussi possible de l'utiliser pour évaluer la disponibilité du potassium, thorium, uranium ainsi que la texture du sol). Cependant, pour les terres du Québec, certains experts sont d'avis que les premiers travaux à réaliser se résument souvent à un nivellement avec planification de la parcelle, effectué à partir de relevés de microtopographie. Il est également fréquent de planifier et de réaliser des travaux de drainage souterrain de concert avec le nivellement.

Selon les *Figures 2 et 3*, les nouvelles technologies d'agriculture de précision qui sont promises à un bel avenir sont principalement le semis variable, en fonction de la densité ou du type d'hybride, l'application de pesticides à taux variable, les capteurs embarqués et les images satellites. La technologie qui permet de générer le plus de retour sur l'investissement est l'application de fertilisants à taux variable. La technologie la plus obsolète est sans contredit les systèmes de conduite assistés par GPS, mais sans autoguidage.

Dans les études réalisées à La Coop fédérée, le bénéfice économique des applications à taux variables reste à préciser, mais sommairement, en appliquant moins à certains endroits et davantage ailleurs, le total demeure identique. L'avantage provient cependant du fait que la bonne quantité est appliquée au bon endroit. Pour ce type d'application, le bénéfice est plus tangible à partir de la deuxième application. Au niveau des rendements, les résultats sont mitigés. Il semble y avoir un bénéfice principalement pour l'application à taux variable de la chaux car son impact sur le pH est très bien documenté. Les recommandations actuelles en azote, phosphore et potassium nécessitent plus de raffinement afin d'arriver à des recommandations spécifiques au site. Toutefois, certaines études citent des bénéfices de l'ordre de 50 \$/ha pour les méthodes de fertilisation azotée raisonnées (Adamchuk, 2014; Tremblay & Michaud, 2014). L'interprétation des données ainsi que l'analyse coût/bénéfice restent à préciser davantage.

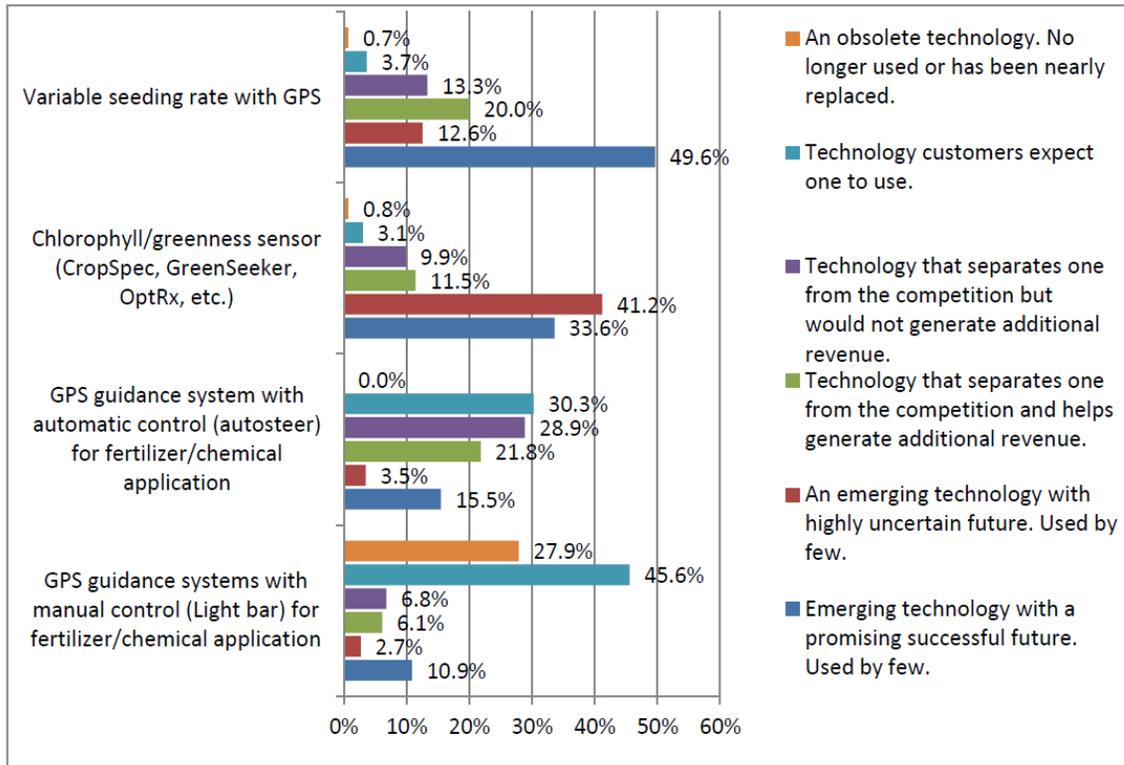


Figure 2 : Perceptions du futur des technologies d'agriculture de précision, en fonction du pourcentage des répondants, en 2013. (Holland, Erickson, & Widmar, 2013).

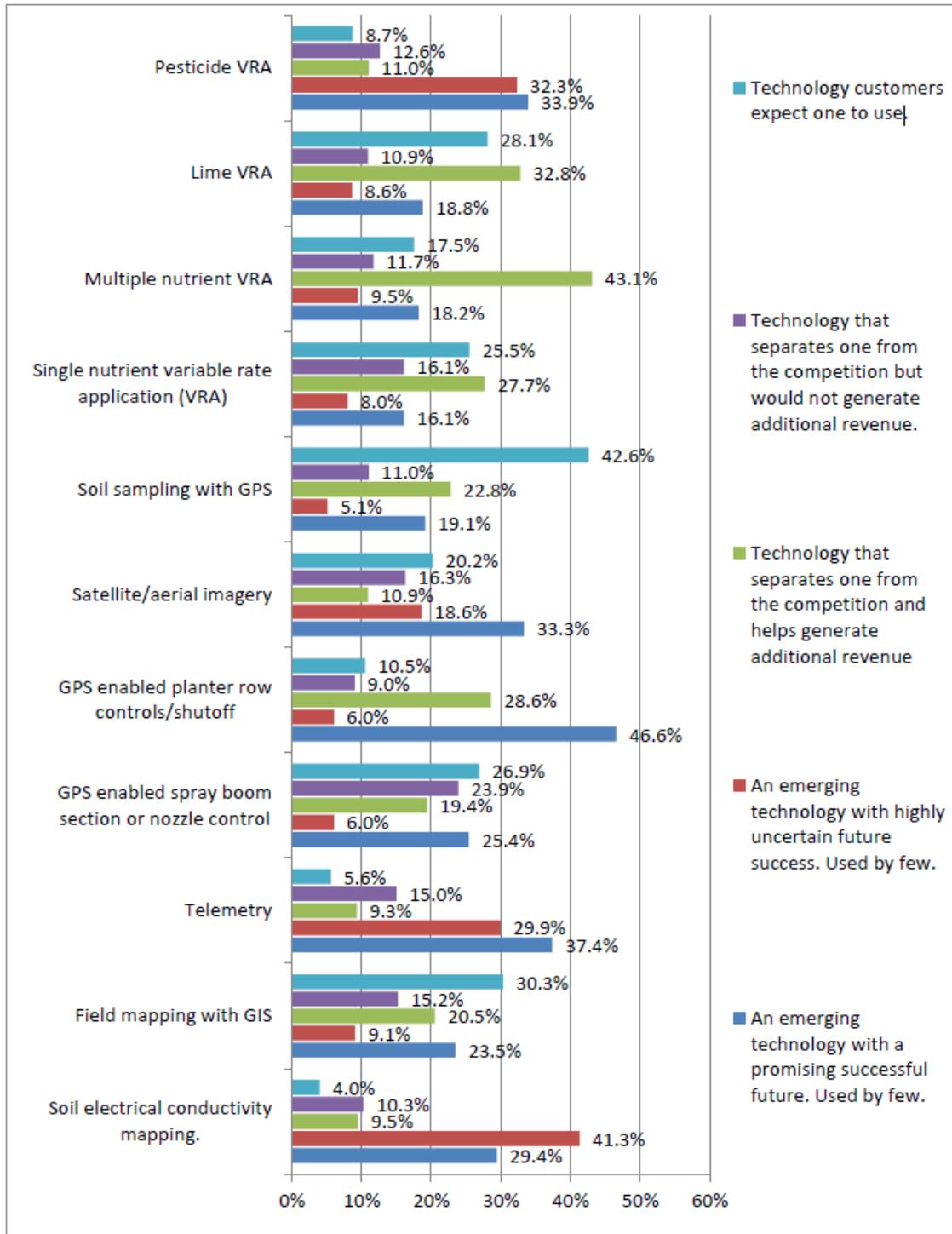


Figure 3 : Perceptions du futur des technologies d'agriculture de précision, en fonction du pourcentage des répondants, en 2013 (suite). (Holland, Erickson, & Widmar, 2013).

### 3.2 La télédétection

L'information spatiale pour l'agriculture de précision est souvent requise à une échelle globale mais avec une fine résolution spatiale. Depuis quelques années, les capteurs satellites d'observation de la Terre (OT) à très haute résolution spatiale offrent une source de données inestimable permettant de générer cette information avec un rapport qualité/prix imbattable. Les recherches sur l'utilisation des indices de végétation pour l'observation des sols et des cultures sont très nombreuses et rapportent très souvent des résultats qui démontrent les capacités d'une utilisation opérationnelle de ces données d'OT dans le secteur des services agricoles.

L'imagerie satellitaire disponible actuellement permet de générer à des échelles spatiales et temporelles adéquates (2 m de résolution multispectrale et passages quotidiens) des « produits dérivés pour l'agriculture » fiables et directement exploitables. Ceux-ci permettent d'obtenir notamment des informations concernant les propriétés des sols, l'état de croissance des végétaux, la détection précoce des maladies, l'estimation des besoins en intrants, la prévision des rendements ou l'évaluation des dommages. Malgré ce potentiel réel, le maillon qui relie la quantité phénoménale de données produites par les capteurs d'OT et leur utilisation opérationnelle pour satisfaire les besoins des utilisateurs du secteur agricole demeure très faible.

L'acquisition des images peut également être réalisée à l'aide d'équipements embarqués à bord d'avion, d'hélicoptères ou, plus récemment, à bord de drones. Les avancées récentes dans la miniaturisation des capteurs et dans l'avionique des drones, combinées aux progrès en informatique, permettent d'envisager le développement et l'exploitation de systèmes aéroportés légers de télédétection. Les drones constituent donc une nouvelle plateforme de télédétection, flexible en termes de rapidité de déploiement et simple d'utilisation (relativement aux plates-formes classiques). Le coût de ce mode d'acquisition peut être relativement faible si on veut observer de petites surfaces (un seul champ par exemple), mais les images satellites demeurent plus économiques si leur coût d'acquisition est réparti sur plusieurs champs/utilisateurs. Aussi, en raison de la faible altitude de vol, les images de drones sont affectées par des distorsions radiométriques relativement complexes à corriger. La réglementation de Transport Canada (Nav Canada) limite l'adoption de la technologie associée aux drones. Il y a notamment plusieurs étapes à franchir pour obtenir une autorisation à voler; mais si l'appareil utilisé est déjà certifié, cela devient plus facile.

En conclusion, les drones ne sont présentement qu'à l'étape de marketing. La recherche est nécessaire afin que la technologie soit adoptée et qu'elle soit plus qu'une simple mode. Il est très important de mieux savoir ce qu'on pourra faire avec cette technologie. Et c'est peut-être là que la recherche doit s'orienter. Les drones, tout comme les autres technologies de télédétection, ont pour objectif de compléter et non pas de remplacer le diagnostic au champ.

### 3.3 Solutions logicielles et systèmes d'aide à la décision

Les développeurs de logiciels tentent souvent de proposer des solutions complètes, fiables et conviviales aux utilisateurs. Les logiciels les plus complexes se présentent sous forme de systèmes d'aide à la décision permettant de gérer les champs en production, de préparer les plans agroenvironnementaux de fertilisation (PAEF), de faciliter l'accès aux données via le web, de générer de l'information utile à partir de données multisources, de diffuser ces informations sous forme d'avis ou de cartes WMS (Web Mapping Service). Ces systèmes ont pour but de renforcer l'efficacité des processus décisionnels. Des exemples de ces services sont cités dans la section suivante.

Pour la distribution des solutions logicielles, la mobilité est le mot d'ordre en 2015. C'est l'année du transfert vers le nuage (cloud). Les données des clients sont maintenant emmagasinées dans des serveurs disponibles via le web et non plus entreposées sur l'ordinateur personnel. Cette technologie permet au distributeur d'avoir une gestion centralisée des données. Pour y arriver, plusieurs fabricants de machineries agricoles optent pour la télématique afin de faciliter le transfert des données de la machinerie vers le nuage. Dans un tel environnement logiciel, l'interconnectivité est nécessaire afin que les données provenant de logiciels différents puissent être utilisées simultanément.

## 4 Secteur des services en agriculture de précision

Dans le secteur de l'agriculture de précision, il existe une gamme variée de services offerts. Cela varie de la simple acquisition de données (échantillonnage de sol, conductivité électrique, imagerie, etc.) à l'analyse des données, l'élaboration d'un diagnostic ou d'un plan de traitement, et peut même aller jusqu'à l'exécution complète du plan de traitement.

La *Figure 4* présente quelques statistiques sur les services offerts en agriculture de précision aux États-Unis. Par exemple, l'échantillonnage de sol par GPS, l'utilisation de GIS pour la cartographie des champs, la vente et le support technique associé avec des capteurs de rendement, l'analyse des données extraites des capteurs de rendement, l'acquisition et le traitement d'images satellites, la vente et le support technique pour les systèmes de guidage et la cartographie de la conductivité électrique des sols.

En analysant les données présentées à la *Figure 4*, il semble que le service d'acquisition et le traitement des images satellites soit en pleine croissance tout comme l'analyse des données extraites des capteurs de rendement. En effet, plusieurs producteurs possèdent un capteur de rendement depuis maintenant plus de 10 ou 15 ans. Ils ont conservé les données de rendements, mais il semble qu'elles aient été peu exploitées. Ces informations sont très pertinentes, mais peu de professionnels savent comment les utiliser à bon escient. Ce type de services sera de plus en plus en demande, c'est pourquoi il est essentiel de former les professionnels de l'agriculture à ce sujet.

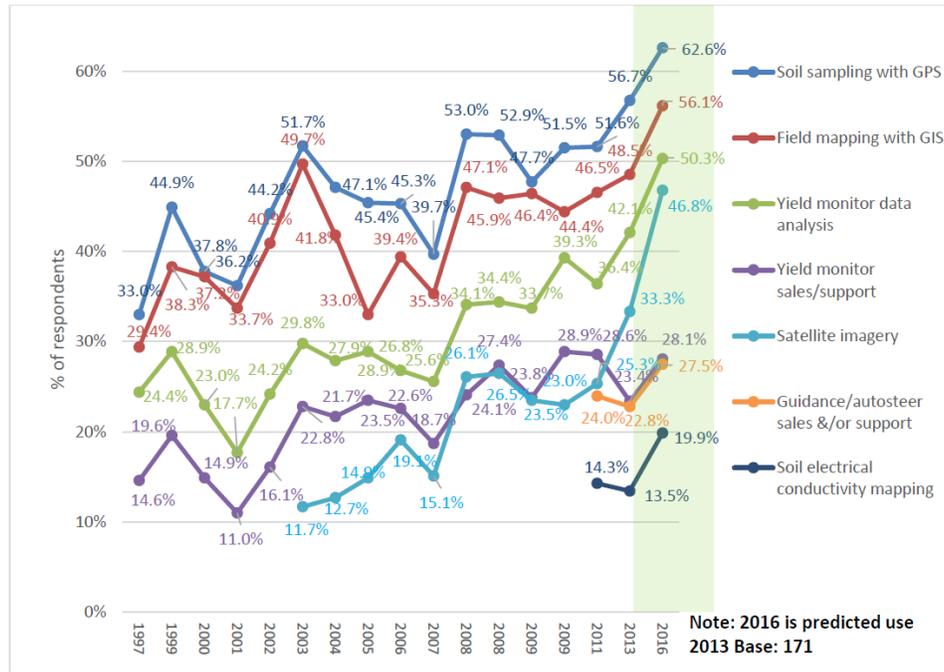


Figure 4 : Services d'agriculture de précision offerts sur la période 1997-2016, en fonction du pourcentage des répondants. (Holland, Erickson, & Widmar, 2013).

Au Québec, plusieurs organismes privés offrent des services liés à l'agriculture de précision tels que plans de ferme et d'aménagement, programme de gestion des cultures (rotation, calculs de besoins en fertilisant) et agro-environnemental, logiciels de gestion des données de la ferme, microtopographie et nivellement, drainage, hydrographie, gestion par bassins versants, échantillonnage et analyse des sols et contrôle de pH, essais techniques en entreprise, autopilotage, service d'épandage, équipements pour l'application à taux variable et la cartographie du rendement, transfert de données sans fil, etc.

Pour les solutions logicielles, Siga-Champs et LogiAg sont certainement les plus connues au Québec. Ils offrent la possibilité de gérer les champs en production et de préparer les plans agroenvironnementaux de fertilisation (PAEF), un incontournable au Québec.

La Coop fédérée a développé un outil de diagnostic (tablette et site web) simple et convivial qui permet d'intégrer des données multiplateformes, afin de fournir au producteur une donnée qui sera prétraitée; et ensuite fournir cette donnée prétraitée, au producteur et à son conseiller, pour traitement final. Le producteur peut de plus introduire cette donnée dans ses équipements et effectuer les interventions recommandées. L'outil fait donc une partie du diagnostic puis l'agriculteur et son conseiller font l'autre partie.

De plus en plus, les équipementiers agricoles développent leurs propres outils d'aide à la décision. Par exemple, la compagnie John Deere a développé un outil pour le semis à taux

variables. Il s'agit d'un outil relativement complet (*Farm site / my John Deere.com*). La vision de John Deere englobe la vente de machinerie et d'équipement, le support du manufacturier, une collaboration avec les agronomes pour le diagnostic ainsi que le traitement des données, une approche qui est appelée à prendre de plus en plus d'importance. Autre exemple, chez John Deere, les batteuses permettent maintenant de sortir la donnée par WiFi, vers le serveur de John Deere, qui centralise et traite les données. Les jeunes plus aguerris dans les technologies aident à l'adoption de ces technologies.

Financement agricole Canada a aussi développé un service de recommandation d'applications à taux variables via leur logiciel Gestionnaire de champ PRO 360 (centralisation et accès aux données). Ce logiciel permet de visualiser, pour son exploitation, l'imagerie satellitaire la plus récente; de tracer et modifier les limites de ses champs; d'importer des données provenant de fabricants d'équipements afin de cartographier avec précision les observations et opérations; d'optimiser l'utilisation d'intrants à l'aide de cartes des éléments nutritifs dans le sol (pH, azote, etc.); d'analyser des données précises sur le rendement des champs dans le but de trouver ceux qui donnent les meilleurs résultats; de simplifier les plans de gestion des éléments nutritifs grâce à un format facile à exporter et finalement de visualiser la ferme en un seul coup d'œil et de trier les champs en fonction de caractéristiques comme les cultures ou l'application de pesticides (FAC, 2015).

Ailleurs au Canada, quelques autres exemples peuvent être présentés tels que Decisive Farming (Alberta et Saskatchewan) qui offre des services liés à la technologie à taux variable. Farmer Edge (Alberta, Manitoba et Saskatchewan) qui offre des services d'observation et de suivi des champs par imagerie satellite, des ajustements d'intrants (fertilisation, fongicides, etc.) à taux variable ainsi que des cartes de prévision des rendements. Zoner.ag (Calgary) ont un site internet où il est possible d'analyser des données (in-situ, cartes, imagerie -30 ans d'archives-, et météo temps réel) en lien avec la fertilité, les zones de gestion et le taux variable (semis, fertilisation et pesticides), l'échantillonnage de sol ciblé, etc.

Ailleurs dans le monde, certains services liés à l'utilisation de la télédétection sont à noter. FarmStar (*Airbus Defence and Space*, France) ont été parmi les premiers fournisseurs de services de production d'information pour l'agriculture, à partir d'imagerie satellite et de modèles agronomiques. Leurs services incluent des indicateurs de biomasse ou de chlorophylle et des recommandations de fertilisation, des prévisions des rendements ou encore du diagnostic à des stades clés. AirInov (France) offre de générer, à partir d'images de drones, des indicateurs agronomiques (biomasse, LAI, chlorophylle) utilisées pour la préconisation. Geosys growing agriculture (Toulouse, Minneapolis, Melbourne et Sao Paolo) fournissent des images satellites et des services dérivés de gestion des risques sur les récoltes, surveillance de la production de cultures à l'échelle mondiale et un système d'aide à la décision avec une interface graphique Web. Pix-agri (SPOT-image, Toulouse) offre un service d'abonnement à des cartes d'observation des parcelles afin de détecter et de corriger les problèmes liés à la variabilité intra-parcellaires. Des cartes de fraction de couvert vert sont produites à des moments clés du calendrier cultural.

La détermination des zones de gestion à partir de l'hétérogénéité observée permet d'appliquer la bonne dose au bon endroit. Skybox imaging (Californie) mentionnent des services de suivi de la santé des cultures (infestation, stress hydrique, etc.) et de prévision des rendements à partir d'images THR. Des fournisseurs de capteurs et de drones (Precision Hawk, Tetracam, eBee) citent également des services liés à des produits issus de caméras multispectrales portées par des drones (biomasse, mauvaises herbes, santé). BlackBridge (RapidEye) offre un capteur et des services spécifiques aux applications en agriculture grâce à un bon compromis résolution-couverture et une bande *Red-edge* très utile.

Les services basés sur l'imagerie satellitaire existent donc au Canada et en Europe, mais peu au Québec. On dénombre presque exclusivement les services de La Coop fédérée qui offre, depuis 2011, un suivi des champs à partir d'images satellites ainsi que ceux de la compagnie Effigis. Celle-ci développe actuellement un service de production d'information à valeur ajoutée (cartes de sols précises, diagnostic et suivi des cultures, recommandation d'azote, détection hâtive de maladies, etc.) à partir de l'imagerie satellitaire et d'autres données connexes (ex. : météo en temps réel). Ce service d'Effigis sera offert essentiellement aux conseillers, sous la forme d'un service de cartographie Web (WMS). L'accès privilégié à tous les satellites à très haute résolution (< 2m en multi spectral) permet d'assurer une couverture quotidienne pendant la saison de croissance et ce, pour toutes les régions agricoles du Québec.

## 5 Enseignement de l'agriculture de précision

Au Québec, l'agriculture de précision n'est pas une concentration en soi. Il n'est donc pas possible de graduer en agriculture de précision. Cependant, certaines des technologies associées à l'agriculture de précision sont présentées dans les cours des programmes de premier cycle en agronomie. Mais, la plupart des professionnels œuvrant dans ce domaine se sont formés eux-mêmes, au gré de leurs intérêts et des questions de leurs clients. La géomatique (SIG et télédétection) est, quant à elle, enseignée dans plusieurs universités québécoises (Université de Montréal, UQAM, UQTR, Université de Sherbrooke, Université Laval, etc.).

À l'Université McGill, à la faculté d'agriculture, il existe un cours de premier cycle intitulé *Precision Farming* qui présente notamment les systèmes de positionnement GPS, les capteurs de rendements, les stratégies d'échantillonnage de sol, les données associées à la télédétection, les systèmes d'information géographique ainsi que les technologies d'applications à taux variable. Le cours est axé sur l'étude de cas réels et la réalisation de travaux pratiques permettant le diagnostic des causes de variabilité du rendement, l'identification des interventions à apporter et la détermination des coûts potentiels des traitements proposés.

À la faculté d'agriculture de l'Université Laval, il existe quelques cours optionnels concernant la géomatique, au programme de premier cycle en agronomie. Ces cours sont axés sur la cartographie assistée par ordinateur, les fondements des systèmes d'information géographique, les géostatistiques, les techniques d'échantillonnage, etc.

Aux États-Unis, il existe une variété de collèges et d'universités qui offrent des cours directement liés à l'agriculture de précision incluant les sujets suivants : positionnement par GPS, systèmes d'information géographique, télédétection (drones, capteurs embarqués, cartes de recommandations et technologie à taux variable, équipements de semis, d'application des intrants et de moissonnage à taux variable, navigation et autoguidage, analyses de sol, stations météo automatiques, logiciels, aspects économiques, etc.) Le collège technique de Fox Valley a démarré en 2013 un nouveau programme axé exclusivement sur l'agriculture de précision et il semble, selon les données consultées que ce soit le seul, pour le moment (*Precision Farming Dealers*, 2013).

## **6 Recherche et développement dans le domaine de l'agriculture de précision**

Plusieurs groupes de recherches œuvrent dans le domaine de l'agriculture de précision ou de la géomatique agricole. Leurs travaux sont présentés dans les revues scientifiques telles que *Precision Agriculture Journal*, *Agronomy Journal*, *Field Crops Research*, *Agrogeoinformatics*, *Journal of Agricultural Engineering Research*, *Computers and Electronics in Agriculture*, *European Journal of Agronomy*, *Geoderma*, *Journal of Soil and Water Conservation*, *America Journal of Soil Science Society*, *Transactions of the ASAE*, *Remote Sensing of Environment*, *International Journal of Remote Sensing*, ou dans les revues plus pointues et spécifiques au champ d'expertise, par exemple en physiologie végétale, en sols ou encore en génie rural.

Au Québec, la recherche dans le domaine de l'agriculture de précision est réalisée en grande partie grâce à des travaux menés dans des organismes gouvernementaux ou universitaires sur la science des sols ou la nutrition des plantes. À titre d'exemple, l'équipe de Nicolas Tremblay, au centre de recherche d'Agriculture et agroalimentaire Canada à St-Jean-sur-Richelieu, travaille sur le développement de méthodes de fertilisation azotée basées sur les propriétés du sol, l'état de croissance et les conditions saisonnières. L'équipe d'Athyna Cambouris, du Centre de recherche sur les sols et les grandes cultures à Québec, travaille sur la conception d'éléments d'aide à la décision concernant les conditions optimales d'épandage d'engrais azoté. L'équipe de Karem Chokmani de l'Institut National de Recherche Scientifique (INRS) travaille sur le traitement d'images satellitaires, aéroportées ou prises par drones pour étudier le couvert nival, l'écoulement de l'eau ou l'état du sol. À l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), Aubert Michaud et son équipe travaillent sur la cartographie numérique des sols à partir des images satellites.

À l'université McGill, il existe une équipe de recherche dont les travaux sont entièrement dédiés à l'agriculture de précision et à l'étude de divers systèmes de capteurs. Il s'agit de *McGill Precision Agriculture and Sensor Systems (PASS) Research Team* dirigée par le Professeur Viacheslav Adamchuk. Cette équipe travaille notamment sur le développement d'équipements permettant l'application à taux variable d'engrais, d'herbicides, de semences, ou encore la récolte à taux variable basée sur la biomasse réelle au champ. Cette équipe de recherche teste également les nouvelles technologies issues du commerce et étudie les relations entre les

données de ces capteurs mobiles et les valeurs obtenues par des analyses effectuées au laboratoire.

À l'échelle internationale, l'information peut être collectée en consultant les sites internet des principaux congrès d'agriculture de précision qui sont de superbes tribunes de diffusion des travaux de recherches et développement. Voici, à titre d'exemple, quelques-unes de ces conférences internationales : *European Conference on Precision Agriculture* qui aura lieu en juillet 2015 en Israël, l'*International Conference on Precision Agriculture* qui a eu lieu en 2014 et devrait revenir en 2016 et l'*Asian Conference on Precision Agriculture* qui a eu lieu en 2013. Il y a aussi le *Precision Agriculture Symposium* qui est organisé par *Precision Agriculture Australia (SPAA)* en Australie. La conférence *InfoAg* aura lieu à St-Louis, MO, en juillet 2015. Et plus près de nous, il y a la Conférence sur l'Agriculture de Précision qui a eu lieu les 25 et 26 février 2015 à London en Ontario. Il faudrait rajouter à cela les congrès de télédétection comme IGARSS, *Remote Sensing Symposium*, le congrès de la Société Canadienne de Télédétection (CRSS) et celui de l'Association Québécoise de Télédétection (L'AQT), qui incluent toujours des sessions sur les applications de la télédétection en agriculture.

## 7 Conclusions et recommandations pour développer le secteur au Québec

L'agriculture de précision n'a certainement pas atteint sa maturité au Québec et son adoption continue de progresser. Certaines technologies, comme l'autoguidage et le drainage des terres sont très populaires, notamment auprès des propriétaires de grandes superficies. D'autres technologies, matures en soi, notamment les équipements spécialisés, continuent également à s'implanter et, généralement, **le taux d'adoption dépend du retour sur l'investissement réel ou pressenti.**

Les technologies à taux variable (VRT) pour l'application des intrants (fertilisants, herbicides, pesticides) intéressent beaucoup de producteurs et de conseillers, mais leur adoption est freinée par une appréhension des risques de pertes de rendements dues à la réduction des doses et par la complexité des analyses à réaliser sur les nombreuses données pouvant être colligées (*big data*). **Une étude sur les probabilités de gains et de pertes liés à ces technologies aiderait à mieux les évaluer et à augmenter les niveaux d'adoption.**

Il devient maintenant urgent d'outiller correctement les agronomes d'aujourd'hui et ceux en formation afin qu'ils puissent utiliser ces nouvelles technologies pour poser des diagnostics et proposer des interventions spécifiques à apporter en fonction de la réalité du producteur ainsi que des coûts et des bénéfices liés à chacune de ces nouvelles technologies. Ce sont les professionnels en agronomie qui doivent d'abord apprendre à connaître les avantages et les limites des technologies de l'agriculture de précision, ainsi que l'interprétation des multiples données recueillies, afin de présenter ensuite les bénéfices potentiels à leurs clients.

**Lorsque les professionnels seront outillés et bien informés sur le sujet, ils pourront effectuer des recommandations efficaces aux producteurs.** Par exemple, afin de bien identifier la présence de problèmes dans les champs, le professionnel recommandera au producteur de se constituer un historique. Les données de rendement représentent une excellente base pour un tel historique. Ensuite, le professionnel pourra orienter la cueillette d'information additionnelle et identifier les recommandations à apporter.

Les nouvelles technologies à surveiller sont l'arrivée des drones, les applications à taux variables, le recours aux services nuagiques (*cloud services* et *cloud computing*) et le développement d'outils d'aide à la décision. La Commission géomatique agricole et agriculture de précision (CRAAQ) recommande fortement aussi de voir à faciliter l'interopérabilité entre les systèmes, de rendre les données plus accessibles et les technologies plus conviviales. **Il est donc impératif d'assurer la formation des agronomes dans ces champs de pratique.**

## 8 Bibliographie

Adamchuk, V. I. (2014). Les outils de l'agronome d'aujourd'hui et de demain. *Colloque Fertilisation, agriculture de précision et agrométéorologie*. Victoriaville: CRAAQ.

FAC. (2015). *Gestionnaire de champs PRO 360*. Consulté le 16 mars 2015, sur Financement agricole Canada: <https://www.fcc-fac.ca/fr/logiciels-et-applications/logiciels-de-gestion-FAC/gestionnaire-de-champs-pro-360.html>

Holland, J., Erickson, B., & Widmar, D. (2013, 11). *2013 Precision Agricultural Services Dealership Survey Results*. Consulté le 16 février 2015, sur Purdue University | Center for Food and Agricultural Business: <http://agribusiness.purdue.edu/resources/2013-precision-agricultural-services-dealership-survey-results>

Precision Farming Dealers. (2013). *2013 Precision Education Directory*. Consulté le 16 février 2015, sur [www.precisionfarmingdealer.com](http://www.precisionfarmingdealer.com):  
<http://www.precisionfarmingdealer.com/content/2013-precision-education-directory>

Tremblay, N., & Michaud, A. (2014). Azote à taux variable : plus de rendement avec moins d'engrais . *Colloque Fertilisation, agriculture de précision et agrométéorologie* . Victoriaville: CRAAQ.