



Colloque agriculture numérique et
robotique agricole –

**Des avancées bien réelles
14 février 2018**

Résumés des conférences

[Pratiquer l'agriculture à l'aide de robots](#)

Simon Blackmore, Ph.D., professeur, directeur de l'Agricultural robotics, Harper Adams University, Angleterre

[Les drones au service de l'agriculture de précision : trois études de cas](#)

Karem Chokmani, Ph.D., professeur-chercheur, Centre Eau Terre Environnement, Institut national de la recherche scientifique (INRS)

[L'utilisation pratique des technologies numériques sur une ferme biologique à grande échelle](#)

Jofroi Desperrier-Roux, B.Sc., agronome, producteur, Agri-Fusion, Ferme biologique

[Développement d'un tracteur autonome sarcler](#)

Marc-Antoine Legault, M.Sc.A., professionnel de recherche, chef d'équipe programme ARION, Institut du véhicule innovant (IVI)

[Des nouveaux capteurs aux tracteurs intelligents](#)

Viacheslav Adamchuk, Ph.D., professeur associé, Université McGill

[Comment la robotique et d'autres technologies de l'agriculture de précision ont changé le travail à notre ferme](#)

Guillaume Cloutier, B.Sc., agronome, producteur, Ferme Delfland
Gabriel Van Winden, B.Sc., agronome, producteur, Ferme Delfland



Résumé version anglaise

Farming with Robots

Simon Blackmore, Harper Adams University

Developed agriculture uses massive amounts of energy in a myriad of forms, from the energy associated with chemicals used to control pests and diseases, through fertilisers, to the tractors themselves and the fuel to power them. This energy is often wasted as it goes off-target, is expensive and will become more so in the future. Smarter machines should use the minimum amount of energy to turn the natural environment into useful agriculture thus cutting out wasted energy and reducing costs. As agricultural engineers we are continually looking to find ways of making the crop and animal production processes more efficient and have developed the concept of Precision Farming. In industry, we used to have a production line mass producing one item and are now moving over to flexible manufacturing, where each item is developed individually. In agriculture we can see a similar approach by reducing the scale of treatments from farm scale, to field scale, to sub-field scale and even individual plant treatment. Currently tractors and associated machines are increasing in size due to economies of scale. If you pay someone for an hour then it makes sense to have them work 20 hectares rather than 10 hectares. This leads to the machines getting bigger but as the machines get bigger the opportunity to work the fields gets smaller due to the fragile nature of the soil when wet. This cycle can only be broken by making the machines significantly lighter so as not to damage the soil and thus expand the available operational weather windows. My vision for the future is one where small smart machines move around the field establishing, tending and selectively harvesting the crops. Ten years ago I developed an autonomous tractor that could mechanically remove weeds, thus achieving 100% chemical reduction. Even then the tractor was too big and used more energy than was needed. Now one of my old PhD students has developed a laser weeding system that probably uses the minimum amount of energy to kill weeds, by using machine vision to recognise the species, biomass, leaf area and position of the meristem (growing point). A miniature spray boom of only a few cm wide can then apply a microdot of herbicide directly onto the leaf of the weed thus saving 99.9% by volume of spray. Alternatively a steerable 5W laser can heat the meristem until the cells rupture and the weed becomes dormant. These devices could be carried on a small robot no bigger than an office desk and work 24/7 without damaging the soil or crop. Another example is called selective harvesting. Currently many vegetable crops are harvested by hand, which is expensive even when using 'cheap' labour. Between 20 and 60% of the harvested crop is not saleable to the supermarkets as it may not have

the desired quality attributes. Selective harvesting envisages a robot assessing all of the quality requirements and only harvesting produce that has 100% saleable characteristics. By looking at all the operations needed to establish, care for and harvest crop plants and identify ways to minimise inputs, we can see how a new mechanisation system can evolve.



Résumé version française

Pratiquer l'agriculture à l'aide de robots

Simon Blackmore, Harper Adams University

L'agriculture avancée utilise des quantités massives d'énergie sous une multitude de formes, de qu'elle soit associée aux produits chimiques utilisés pour contrôler les ravageurs et les maladies, aux engrais, aux tracteurs eux-mêmes et au carburant pour les alimenter. Cette énergie est souvent gaspillée lorsqu'elle n'atteint pas sa cible et elle coûte cher, ce qui s'empirera à l'avenir. Des machines plus intelligentes devraient utiliser le minimum d'énergie pour transformer le terrain naturel en système agricole, réduisant ainsi le gaspillage d'énergie et les coûts. En tant qu'ingénieurs agricoles, nous cherchons continuellement à trouver des moyens pour rendre les processus de production végétale et animale plus efficaces. Alors, nous avons développé le concept d'agriculture de précision. Dans l'industrie, nous avons une chaîne de production produisant un type d'article; nous passons maintenant à une fabrication flexible, où chaque article est développé individuellement. En agriculture, nous pouvons voir une approche similaire en réduisant l'échelle des traitements de la ferme, au champ, au sous-champ, voire au traitement individuel des plantes. Actuellement, les tracteurs et les machines associées augmentent en taille en raison des économies d'échelle. Si vous payez un employé pour une heure, il est logique de le faire travailler 20 hectares plutôt que 10. Cependant, au fur et à mesure que les machines grossissent, la possibilité de travailler dans les champs diminue en raison de la nature fragile du sol lorsqu'il est très humide. Ce cycle ne peut être brisé qu'en ayant des machines nettement plus légères afin de ne pas endommager le sol et ainsi augmenter les fenêtres météorologiques opérationnelles disponibles. Ma vision de l'avenir est celle où de petites machines intelligentes se déplacent dans le champ pour établir, entretenir et récolter sélectivement les cultures. Il y a dix ans, j'ai développé un tracteur autonome capable de retirer mécaniquement les mauvaises herbes, obtenant ainsi une réduction de pesticide de 100%. Même alors, le tracteur était trop grand et utilisait plus d'énergie que nécessaire. Dernièrement, un de mes anciens doctorants a développé un système de désherbage au laser qui utilise la quantité d'énergie minimale pour éliminer les mauvaises herbes. En utilisant la vision par ordinateur, le système peut reconnaître l'espèce, la biomasse, la surface foliaire et la position du méristème. Une rampe de pulvérisation miniature de seulement quelques centimètres de largeur peut ensuite appliquer un micropoint d'herbicide directement sur la feuille de la mauvaise herbe, économisant ainsi 99,9% du volume de pulvérisation. Alternativement, un laser

dirigeable de 5W peut chauffer le méristème jusqu'à ce que les cellules se rompent et que l'herbe devienne dormante. Ces appareils peuvent être installés sur un petit robot de la grandeur d'un bureau et travailler 24 heures sur 24 sans endommager le sol ou la culture. Un autre exemple est appelé la récolte sélective. À l'heure actuelle, de nombreuses cultures maraîchères sont récoltées à la main, ce qui coûte cher même en faisant appel à une main-d'œuvre « bon marché ». Entre 20 et 60% de la récolte n'est pas vendable sur le marché car elle ne possède pas les attributs de qualité souhaités. La récolte sélective prévoit un robot évaluant toutes les exigences de qualité et ne récoltant que des produits ayant des caractéristiques vendables à 100%. En examinant toutes les opérations nécessaires pour établir, soigner et récolter les plantes cultivées et en identifiant les moyens de minimiser les intrants, nous pouvons voir comment un nouveau système de mécanisation peut évoluer.



Les drones au service de l'agriculture de précision : trois études de cas

Karem Chokmani, INRS

La conférence du professeur Karem Chokmani permettra aux participants de prendre connaissance du potentiel de la télédétection par drone dans l'agriculture de précision. Le conférencier commencera son intervention en présentant l'état du développement dans le domaine de la télédétection par drone. Il fera également état des travaux menés par l'équipe du Laboratoire de télédétection par drone de l'INRS. Trois exemples d'applications de cette nouvelle technologie seront présentés dans des domaines variés de l'agriculture de précision.

Un premier cas d'étude portera sur l'utilisation de l'imagerie infrarouge thermique acquise par drone pour la détection du stress hydrique dans la culture de pomme de terre. Cette application se base sur le principe que les plantes souffrant de manque d'eau réduisent leur transpiration et par conséquent voient leur température augmenter par rapport à celle de l'air. Cette augmentation est détectable dans le spectre de l'infrarouge thermique.

Le deuxième cas d'étude traite de l'utilisation de l'imagerie hyperspectrale acquise par drone pour la délimitation des zones d'aménagement (ZA) pour une gestion optimale de la fertilisation azotée dans la culture de pomme de terre. Les données dans certaines longueurs d'onde du spectre électromagnétique sont sensibles à la variation de certains paramètres physiques des sols (texture, matière organique, humidité, etc.) et par conséquent sont très utiles pour la délimitation des ZA avantageusement par rapport aux techniques conventionnelles (échantillonnage, capteurs proximaux).

Le dernier cas (3^e) portera sur l'utilisation des drones dans le dépistage du doryphore de la pomme de terre et ce, dans le but de remplacer le dépistage humain (à pieds), un processus lent et laborieux. L'approche se base sur l'acquisition des images numériques à ultra-haute résolution spatiale (<1mm) à basse altitude et leurs traitements par les techniques d'intelligence artificielle afin de détecter et faire le décompte des insectes présents sur le couvert végétal.

À travers ces trois exemples, en plus d'illustrer les avancées dans le domaine, le conférencier présentera les lignes directrices pour une utilisation optimale/raisonnée des drones en agriculture de précision.



L'utilisation pratique des technologies numériques sur une ferme biologique à grande échelle

Jofroi Desperrier-Roux, Agri-Fusion 2000

Les technologies occupent une place importante sur la ferme, au point où il serait impossible de faire une production biologique à grande échelle sans elles. Que ce soit les téléphones intelligents, les systèmes de guidage RTK, les cartes géomatiques ou encore les stations météorologiques connectées : les technologies numériques sont omniprésentes au quotidien. Parmi ces technologies, il faut s'attarder sur les systèmes de guidage par reconnaissance optique qui ont changés notre approche de gestion des plantes adventices (mauvais herbes).

La production biologique de grandes cultures dépend du sarclage mécanique pour pouvoir contrôler les adventices. La qualité du sarclage est intimement liée à la précision de l'opération, c'est-à-dire à quelle distance de la culture l'outil de désherbage peut travailler. Pour arriver à ce degré de précision, tout en maintenant une vitesse d'avancement acceptable, l'outil de désherbage doit être équipé d'un système de guidage. Il existe des systèmes analogues datant des années 1980 et 1990 qui allient mécanique (baguettes) et signal lumineux. Cette technologie, bien qu'elle soit efficace, est limitée par le stade physiologique de la culture : la culture doit être assez grande et rigide pour soutenir le système de baguettes. Cette contrainte nous laissait une période plus ou moins longue sans intervention mécanique entre l'émergence du plant et le stade adéquat de ce dernier. Cette période est critique dans certaines cultures, telle que le maïs : la présence de mauvaises herbes handicaperait le rendement potentiel de la culture même si l'adventice est éliminé par la suite.

L'arrivée des technologies numériques est venue changer les systèmes de guidage grâce à la reconnaissance optique. Ces systèmes de guidage sont composés d'une caméra et d'un ordinateur qui permettent d'actionner un système hydraulique. Différents algorithmes de reconnaissance optique sont utilisés par les manufacturiers : le principe est de détecter les différentes concentrations de lumières vertes correspondant à la culture, de façon à en faire une ligne centrée, et de suivre cette ligne. La précision d'un tel système est de l'ordre de 1 à 2 cm, jusqu'à 15km/h, et ce, sans toucher à la culture (contrairement à l'ancien système de guidage). Cette technologie nous permet maintenant d'intervenir au stade 1^{ère} ou 2^e feuille dans le maïs, dépendamment des conditions de sol.

Ces systèmes de guidage ont un autre avantage : ils réduisent grandement la fatigue de l'opérateur et augmente la qualité du travail effectué par celui-ci. Lorsque le tracteur est guidé par un système de guidage RTK et que l'outil utilisé est guidé par caméra, l'opérateur peut se concentrer sur l'outil tout en effectuant 10 à 12 heures de travail continu. De plus, ce type de système est très simple à utiliser et facile à programmer. Un opérateur néophyte peut ainsi assez rapidement se familiariser avec un tel système.



Développement d'un tracteur autonome sarcleur

Marc-Antoine Legault, Institut du véhicule innovant (IVI)

L'Institut du véhicule innovant (IVI) [1], en collaboration avec son partenaire industriel Elmec [2], travaille au développement d'un tracteur autonome ayant pour fonction, entre autres, d'effectuer du sarclage dans les cultures maraîchères. Les motivations derrière un tel développement technologique sont principalement celles de remédier aux difficultés d'embauche de personnel pour effectuer les opérations de désherbage et également de réduire l'usage d'agents chimiques (pesticides, herbicides).

À l'échelle mondiale, un effort significatif de recherche et développement est présentement réalisé pour que de tels tracteurs autonomes soient mis en fonction, testés et déployés. Par exemple, en Europe, la compagnie *Bosch* a créé une filiale *Deep Field Robotics* [3] spécifiquement dédiée à la création de tels robots désherbeurs. Plus près de nous, la compagnie canadienne *DOT Technology* [4] située en Saskatchewan se prépare à introduire une plate-forme robotique visant à remplacer l'usage de tracteur conventionnel.

Dès l'amorce de son projet de tracteur autonome, l'IVI et Elmec se sont assurés de bien saisir les défis quotidiens auxquels font face les agriculteurs québécois du secteur maraîcher. Initiée avec l'appui du Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec (CRAAQ) [5], une première rencontre exploratoire portant sur les technologies d'automatisation de véhicules agricoles et rassemblant des agronomes, des agriculteurs ainsi que l'IVI a d'abord eu lieu. Puis, en collaboration avec le Centre d'innovation sociale en agriculture (CISA) [6], des sessions de travail ont été réalisées où les ingénieurs de l'IVI, mais surtout plusieurs agriculteurs, ont travaillé conjointement pour définir le cahier de charges du projet. Des tracteurs conventionnels opérant sur des fermes maraîchères ont également été instrumentés pour mieux comprendre leurs cycles d'utilisation.

Nous présentons les travaux de conception réalisés jusqu'à présent et qui mèneront à la création et au déploiement d'un tracteur autonome sarcleur. Ces travaux concernent à la fois la conception mécanique et électrique du tracteur, qui comprend une motorisation hybride rechargeable, de même que le développement de son système de navigation autonome. L'horizon de mise en fonction et déploiement d'un premier prototype est de 12 à 24 mois.

- [1] Institut du véhicule innovant, www.ivisolutions.ca
- [2] Elmec Inc., www.elmec.ca
- [3] Deep Field Robotics – Bosch, www.deepfield-connect.com/en/Weeding.html
- [4] DOT Technology, www.seedotrun.com
- [5] Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec, www.craaq.qc.ca
- [6] Centre d'innovation sociale en agriculture,
<http://www.cisainnovation.com/projet/contribution-de-linnovation-sociale-a-la-robotisation-dun-vehicule-agricole-vers-de-nouvelles-relations-agriculteur-technologie>



Résumé version anglaise

From New Sensors to Smart Tractors

Viacheslav Adamchuk, McGill University

Proximal and remote sensing technologies are key components of precision agriculture; they supplement the laboratory analysis of soil and plant samples by providing detailed data characterizing the spatial heterogeneity of crop growing conditions. Frequently, it is expected that sensor technologies, in combination with variable rate equipment, can define the optimum application rate for every location across a field. In fact, it is not true. Equipment and software can handle massive data obtained at the farm or field level; however, this does not ensure a profitable response to applied chemicals. In general, once the economically optimal range of application rates is established, it is possible to expect a higher probability of increased profits. Therefore, before implementing variable rate technology, it is necessary to ensure that the existing growing conditions require the site-specific management of a given field, or farm. There should be at least two specific locations where the optimal application rates significantly differ from each other. After that, redistribution of agricultural inputs according to prescription maps, or real-time sensors, becomes reasonable. This constitutes the second level of control. The first level of control should start by formulating the optimization objective function. The most common assumption is that the objective function means profitability. Production processes are normally quantified by a productive function, which describes changes in yield in response to varying rates of seeding or fertilization. The key parameters of such a function depend on topography and soil conditions, weather and past management. In addition, profitability depends on crop prices and the cost of agricultural inputs. It is important to relate to past experience, data from seed and fertilizer trials, a fundamental understanding of soil processes, plant physiology, and meteorology. This presentation discusses the concept of two-level control of site-specific crop management through on-line decision support and smart tractor technologies under investigation by our Precision Agriculture and Sensor Systems research team.



Des nouveaux capteurs aux tracteurs intelligents

Viacheslav Adamchuk, Université McGill

Les technologies de détection proximale et à distance sont des éléments clés de l'agriculture de précision; elles complètent les analyses en laboratoire d'échantillons de sol et de plantes en fournissant des données détaillées qui caractérisent l'hétérogénéité spatiale des conditions de croissance reliées aux cultures. En utilisant des capteurs jumelés avec de l'équipement à taux variable, on estime pouvoir définir un taux d'application optimal pour chaque emplacement dans un champ. Cependant, ceci est faux. Les équipements et les logiciels peuvent gérer d'énormes quantités de données au niveau de la ferme ou du terrain; mais cela ne garantit pas que les intrants appliqués, offrent une réponse rentable. En général, lorsque l'éventail de taux d'application économiquement optimaux est établi, il est logique de s'attendre à ce que la probabilité d'augmenter ses profits soit plus élevée. Par conséquent, avant de mettre en œuvre une technologie à taux variable, il est nécessaire de s'assurer que les conditions de croissance existantes nécessitent une gestion adaptée au champ ou à la ferme. Normalement, la présence de deux emplacements distincts ayant des taux d'application optimaux différents est requise. Si ces conditions sont remplies, il devient alors raisonnable d'effectuer une redistribution des intrants agricoles en se basant sur des cartes de recommandations ou en utilisant des capteurs en temps réel. Cela correspond au deuxième niveau de contrôle. Le premier niveau de contrôle devrait commencer par la formulation de la fonction d'optimisation des objectifs. L'hypothèse la plus courante est que l'objectif à optimiser est la rentabilité. Les processus de production sont normalement quantifiés en fonction de l'impact sur le rendement des différents taux d'ensemencement ou de fertilisation. Les paramètres clés d'une telle fonction de production sont notamment la topographie, les conditions du sol, le climat et l'historique de la gestion de la parcelle dans les années antérieures. En outre, la rentabilité dépend des prix des cultures et du coût des intrants agricoles. Il est important de se référer aux expériences antérieures, aux données d'essais sur les semences et les engrais, ainsi qu'à sa compréhension fondamentale des processus du sol, de la physiologie végétale et de la météorologie. Cette présentation abordera le concept des deux niveaux de contrôle pour l'implantation d'une gestion adaptée à un champ ou une ferme, grâce aux outils d'aide à la décision embarqués ainsi qu'aux technologies de tracteurs intelligents, deux domaines techniques présentement à l'étude par le groupe de recherche en Agriculture de précision et systèmes de capteurs de l'Université McGill.



Témoignage de producteurs :
Comment la robotique et autres technologies
de l'agriculture de précision ont changé
le travail à notre ferme

Guillaume Cloutier et Gabriel Van Winden, Ferme Delfland

Le secteur de l'agriculture évolue à pas de géant depuis les 10 dernières années avec l'arrivée de nouvelles technologies et le secteur maraîcher n'y échappe pas. Robots, capteurs, drones, logiciels et caméras sont venus chambouler nos façons de faire. Dans une industrie de libre marché, il est primordial d'appivoiser ces technologies afin de produire plus efficacement.

Sur la ferme familiale qui a été fondée par nos grands-parents, la recherche ainsi que le désir d'améliorer les pratiques à l'aide de nouvelles technologies ont toujours été au cœur des plus grandes préoccupations. Avec un regroupement de plusieurs producteurs, plusieurs projets de recherches nous ont poussé à adopter de nouvelles façons de cultiver et de faire évoluer grandement notre efficacité. Plusieurs partenaires comme l'université Laval, l'université McGill, le Prisme, Agriculture et Agroalimentaire Canada, ainsi que plusieurs fabricants travaillent avec nous afin de trouver des solutions aux différentes problématiques auxquels nous faisons face.

Aujourd'hui, nous allons aborder 3 facettes de notre production qui ont grandement changées durant les 5 dernières années avec l'arrivée des nouvelles technologies. Deux **robots désherbeur** accélèrent grandement notre sarclage manuel en enlevant une bonne partie de l'herbes qui se trouvent entre les laitues d'une manière entièrement automatique. De plus, la **cartographie du pH à haute densité** couplé à l'épandage GPS à taux variable nous a permis d'observer et de corriger l'énorme variabilité de l'acidité du sol à l'intérieur d'un champ. Pour finir, un gros projet de recherche avec l'université Laval nous a permis de **savoir et de prévoir le besoin en eau** de nos différentes cultures selon leur stade en temps réel avec l'utilisation de tensiomètres.

Bref, la robotique et la technologie en sont seulement à leur début en ce qui a trait au chamboulement de nos pratiques, c'est pourquoi il est important de continuer de travailler avec les différents acteurs du domaine afin que ces technologies puissent répondre à nos besoins.