



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 soit 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 du 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 aborde 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.



Colloque agriculture numérique et robotique agricole
(Drummondville, Québec, Canada)

Des nouveaux capteurs aux tracteurs intelligents

Viacheslav Adamchuk

*Département de génie des bioressources
Université McGill*

14 février 2017



Équipe agriculture de précision et systèmes de capteurs

- Développement de systèmes de détection proximale du sol et des plantes
- Gestion et traitement de données géospatiales
- Applications pratiques de l'agriculture de précision





L'agriculture de précision, c'est...

L'agriculture de précision est un concept de gestion des parcelles agricoles, fondé sur le constat de l'existence de variabilités intra-parcellaires.

Aujourd'hui, l'agriculture de précision s'applique à l'ensemble de la gestion de l'exploitation agricole dans le but d'optimiser le rendement des intrants tout en préservant les ressources.

(Wikipédia, 5 octobre 2012, traduit de l'anglais)



L'agriculture de précision n'est pas...

Une solution miraculeuse qui, comme par magie, peut:

- Résoudre instantanément tous vos problèmes de production;
- Transformer la poussière et la roche en sol fertile;
- Faire pleuvoir plus ou moins souvent;
- Faire que la machinerie mal entretenue fasse un bon travail;
- Augmenter la valeur du dollar canadien.



MAIS...

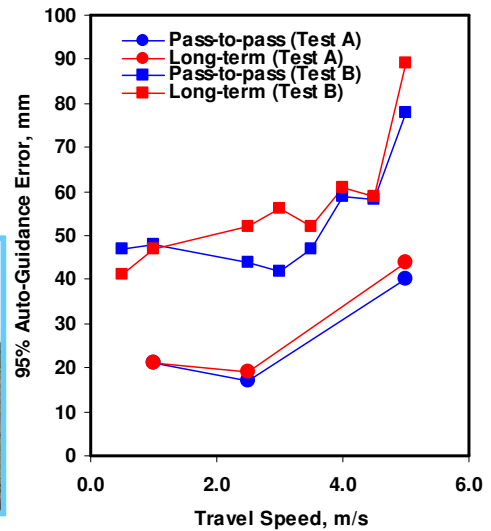
Elle peut aider à **diagnostiquer** certains de ces problèmes et à **valider** qu'ils ont bien été résolus.



Guidage automatique de qualité RTK



ISO 12188-2



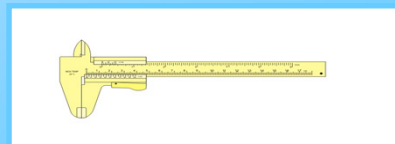
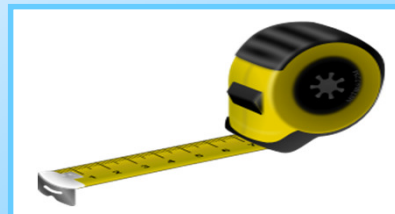
Technologie à taux variable



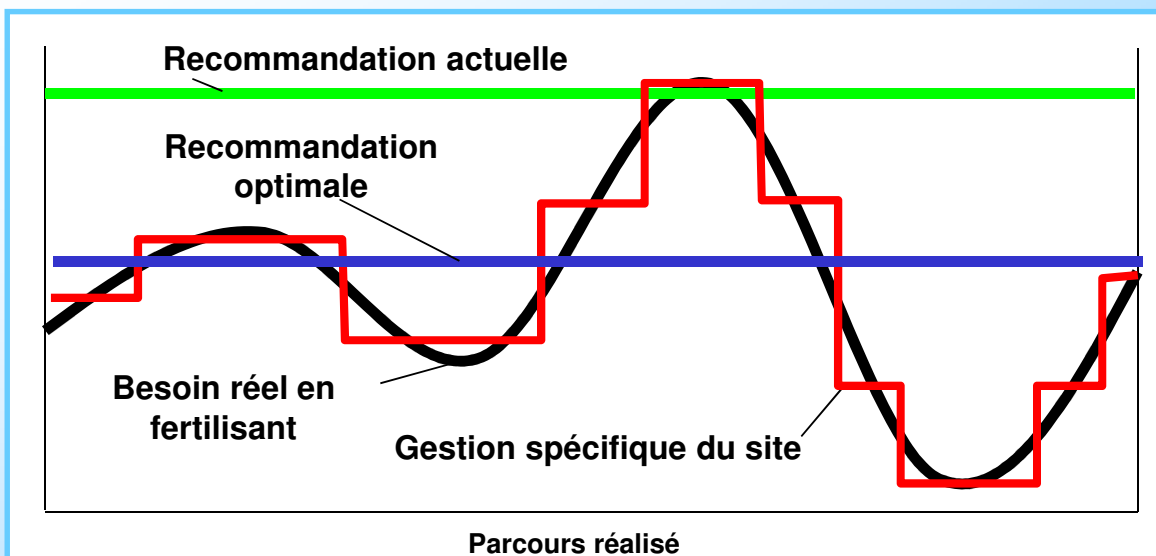


Deux niveaux de contrôle

- **Service-conseil pour définir les besoins spécifiques du site**
 - Cultivar et sol
 - Météo et contexte économique
 - Gestion des risques
- **La technologie à taux variable**
 - Nette différence dans les besoins spécifiques du site
 - Moyens de reconnaître la variabilité
 - Outils d'application modulables

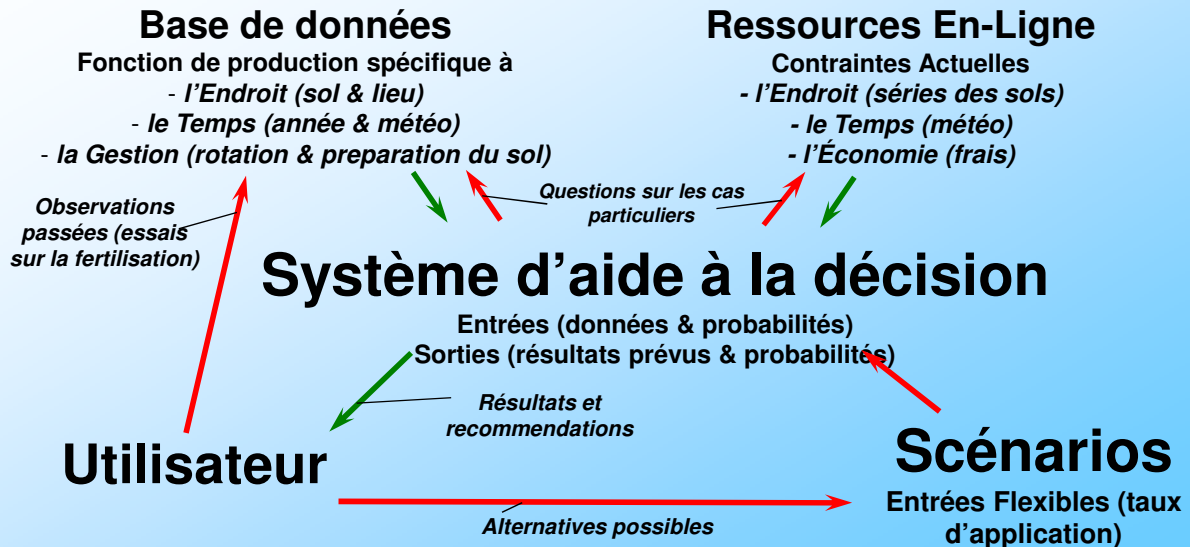


Sources d'économies





Systeme d'aide à la décision



Simulation numérique

- **Entrées**
 - Selon le **lieu** et la **méthode de gestion** présents, elles créeront une estimation d'une fonction de production avec certaines incertitudes
 - Selon le **temps**, un ajustement de la **fonction de production** sera fait suivi par une dérivation de la **fonction de profit**, avec incertitudes, pour les conditions actuelles
- **Sorties**
 - Probabilité d'un **rendement net positif** sur le coût de la fertilisation pour chaque taux possible
 - **Taux de fertilisation** avec un rendement net prévu étant le plus élevé sur le coût de la fertilisation (par exemple, le profit)



Objectif de la fonction:

\$/ha → MAX



Base de données

Farm trials



La base de données comporte des essais de fertilisation ou autres expérimentations faits dans différents champs sous diverses conditions spatio-temporelles reproduites pour des taux d'engrais azotés spécifiques.

- **Type de sol:** texture du sol de la parcelle/ferme
- **MOS:** matière organique du sol (%)
- **Travail du sol:** pratiques intensives, travail de conservation du sol, semis direct
- **N de la récolte précédente:** contribution en N du cultivar précédent (forte, faible)
- **PABR (AWDR):** précipitations abondantes et bien réparties (mm)
- **UTM:** Unité thermique maïs en °C, définit les températures anticipées

ID	Soil Type	SOM, %	Tillage System	Previous Crop	Previous Crop N	CHU, °C	AWDR, mm	N rate, kg/ha	Yield, t/ha
1	Fine sandy loam	6.03	No till	Soybean	Medium	715	41.71	0	13.92
2	Fine sandy loam	6.03	No till	Soybean	Medium	715	41.71	50	12.56
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
1680	Heavy clay	10.8	Conventional		Cereals	695	56.69	200	14.06



Ressources en ligne



- Relation dynamique entre les données économiques, météorologiques et du sol avec la fonction de production



- Série de sols
 - MOS
- Ex.: info-sols*

Sol



- Conditions présentes
- Prévisions

Climat



- Prix de la récolte
- Coût du fertilisant

Marché



NumericAg

NumericAg

Home

Add Trials

History

About

Contact

Welcome: Sadanand

NumericAg is a decision support system designed to help farmers and their consultants identify the least risky site-specific rate of key agricultural inputs, such as nitrogen fertilizer. This numeric simulation process integrates previous fertility trial records, information about local conditions and economic considerations to estimate probable net return over cost of fertilization. Please enter your data below and submit the form. Certain inputs mean maximum accuracy in results.

Please sign in to NumericAg

Username

Password

Remember me

Sign in

Create an account

<http://www.numericag.com>



Formulaire d'entrée

Please select/fill your farm specific values in the input form below and click on submit. (Results will be sent on the registered email id)

Fertilizer	Crop	
Nitrogen	Corn	
Location and Year		
Latitude	Longitude	Growing Season
Latitude	Longitude	2018
Soil and Climate		Tillage System
Soil Type	Previous Crop	Conventional
Clay	Moderate nutrient contribution (e.g., Soybean, F)	
Soil Organic Matter SOM (%)	Precipitation (AWDR, mm)	Temperature (CHU, °C)
Medium (4% - 6%)	Medium Conditions	Medium Conditions
Price and Cost		
Yield Price (USD) \$/tonne: Mean	Fertilizer Cost (USD) \$/kg: Mean	
163.41	0.59	
Yield Price (USD) \$/tonne: Standard Deviation	Fertilizer Cost (USD) \$/kg: Standard Deviation	
39.6	0.13	

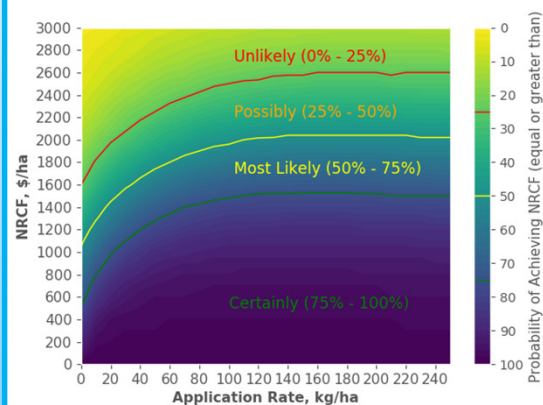
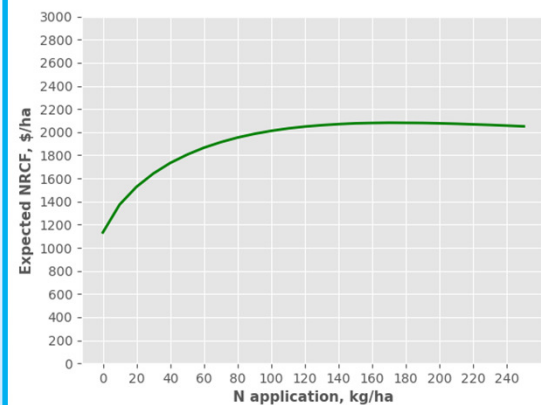
Submit



Rapport 1

Current crop	Climate (AWDR)	Temperature (CHU)	Previous crop	Season	Soil type	Price Mean/SD	Cost Mean/SD
Corn	75	750	Corn	2018	Clay	167/40	0.6/0.14

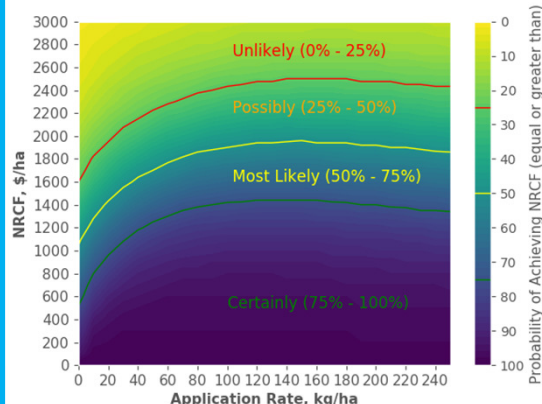
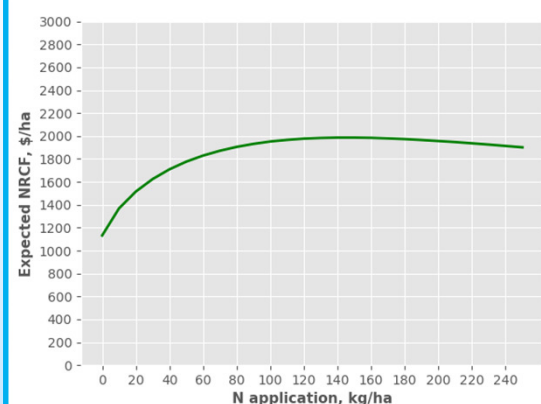
Maximum expected NRCF is achieved with **170 kg/ha**



Rapport 2

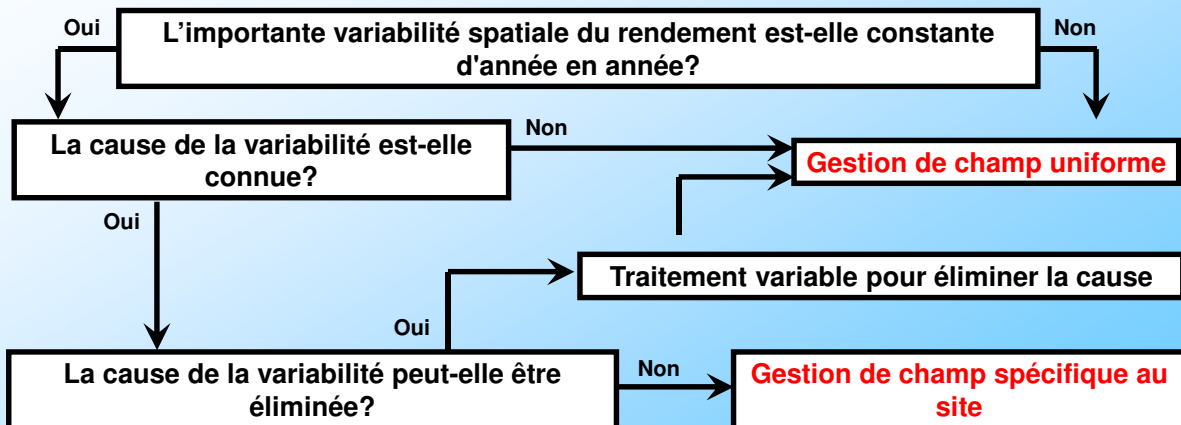
Current crop	Climate (AWDR)	Temperature (CHU)	Previous crop	Season	Soil type	Price Mean/SD	Cost Mean/SD
Corn	45	750	Corn	2018	Clay	167/40	1.2 /0.14

Maximum expected NRCF is achieved with **140 kg/ha**

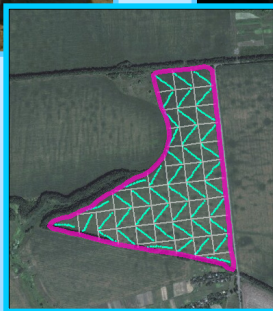




Utilisation des données de rendement



Échantillonnage géo-référencé du sol





Analyse LIBS



Détection en agriculture de précision

À distance (> 2m)

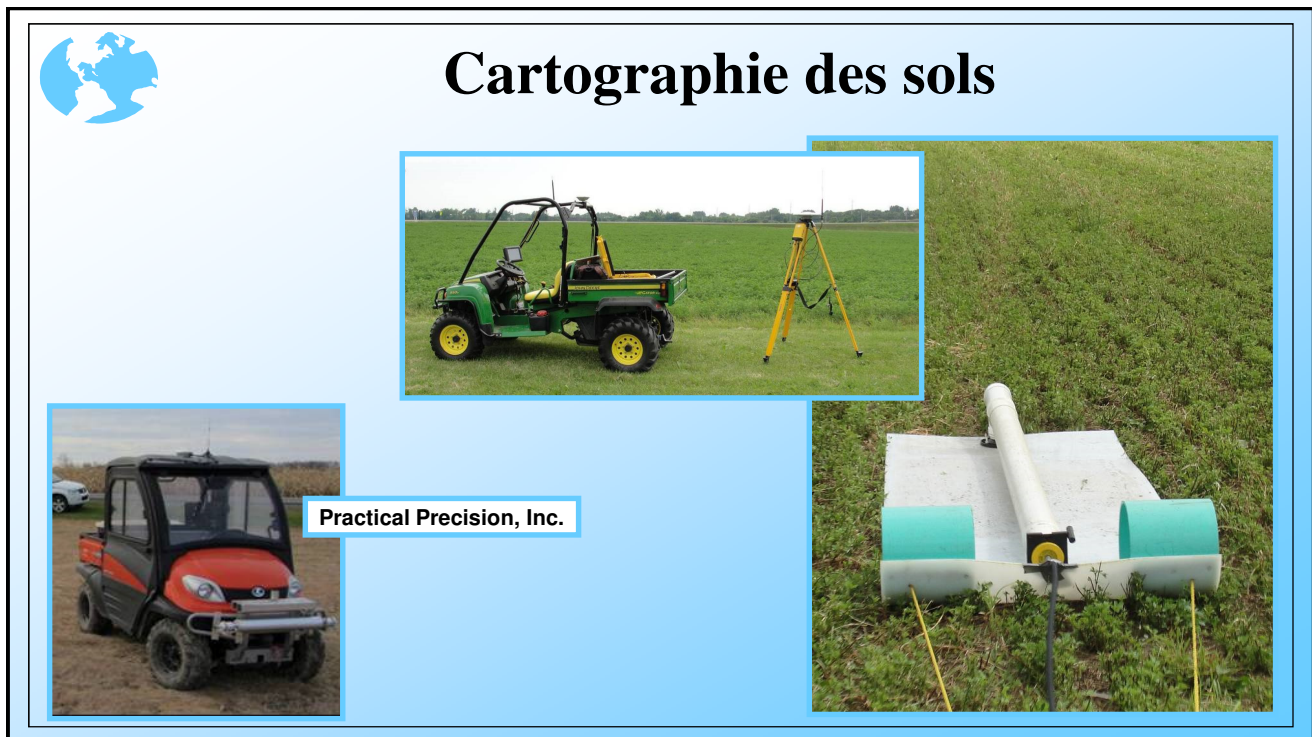
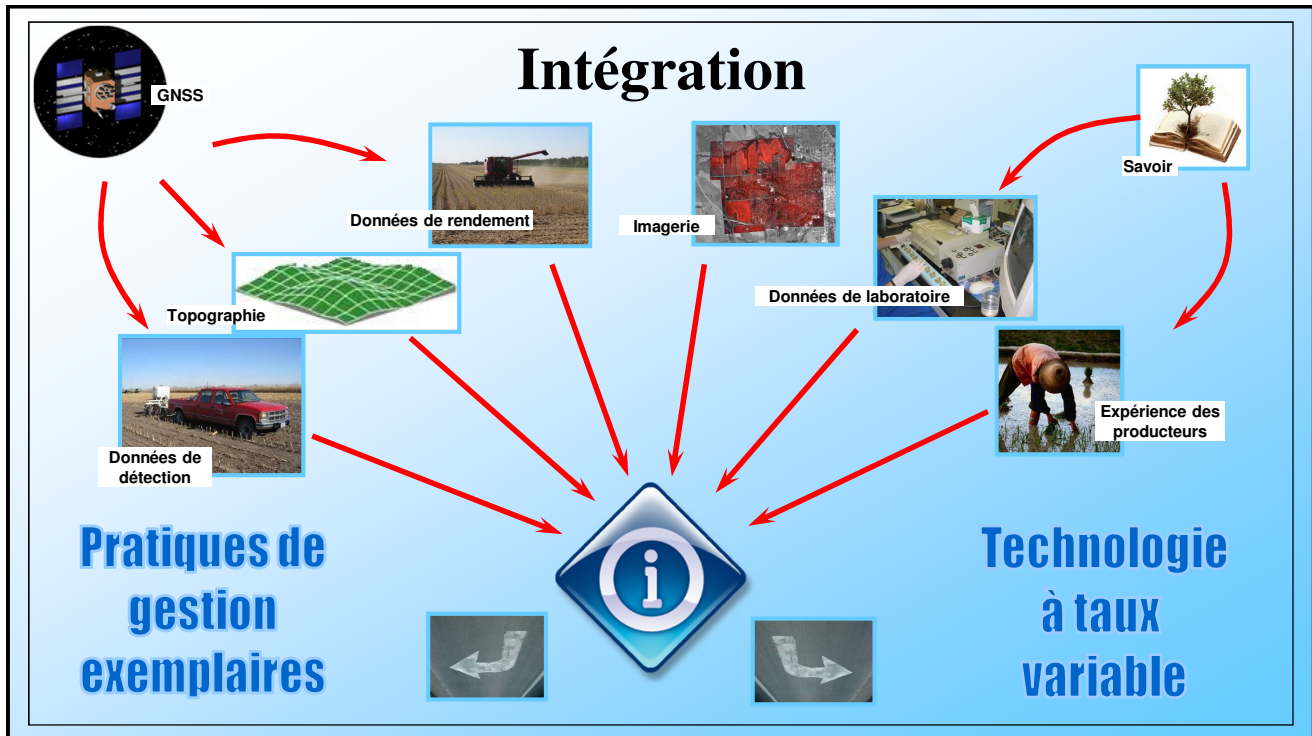
Satellite
Avion
Drone



À proximité (< 2m)

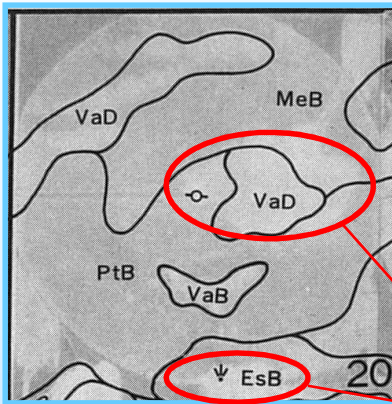
En mouvement
Sur place
Profilage





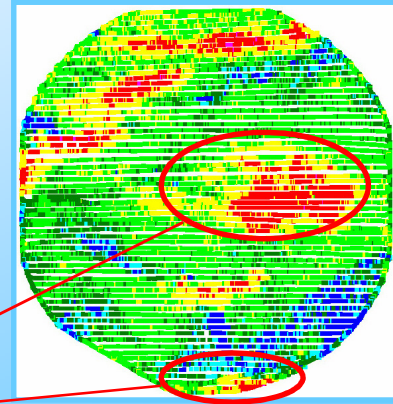


Exemple 1 Carte de conductivité électrique



Étude du type sol

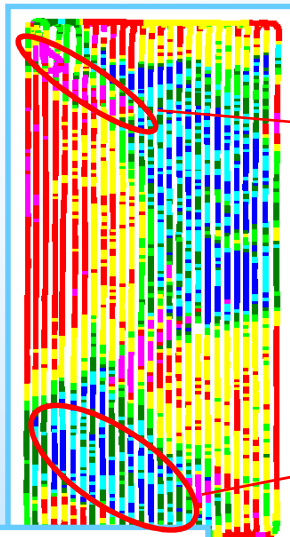
Meilleure distinction du type de sol



Carte de EC



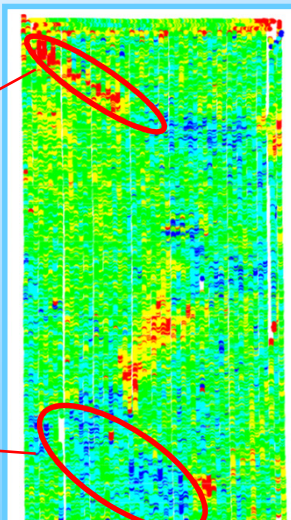
Exemple 2 Carte de conductivité électrique



Carte de EC

Zone à faible rendement

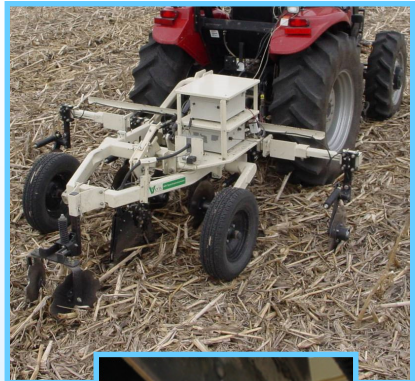
Zone à haut rendement



Carte de rendement



Détection optique Vis / NIR



Surface de contact en saphir

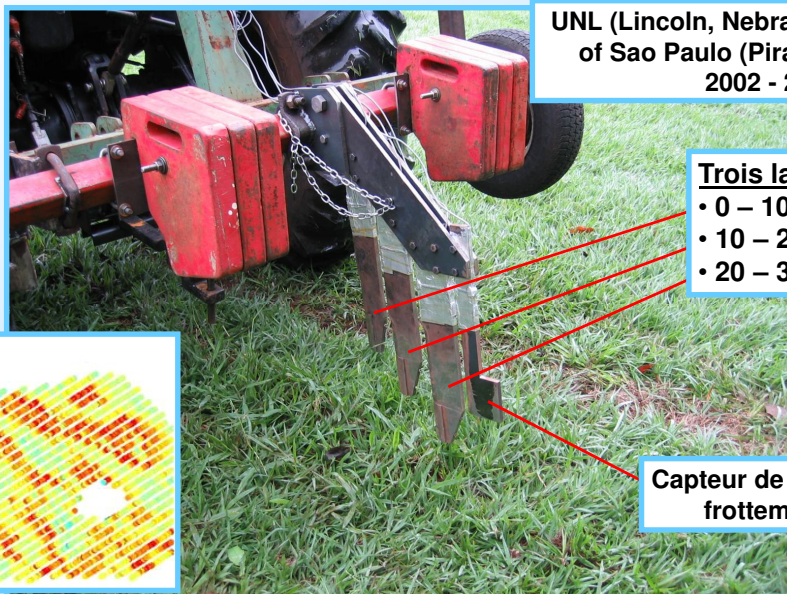
660 et 940 nm



Veris Technologies, Inc. (Salina, Kansas)
<http://www.veristech.com>



Cartographie de la résistance mécanique des sols

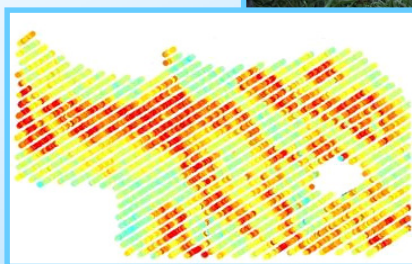


UNL (Lincoln, Nebraska) – University of Sao Paulo (Piracicaba, Brazil)
2002 - 2004

Trois lames

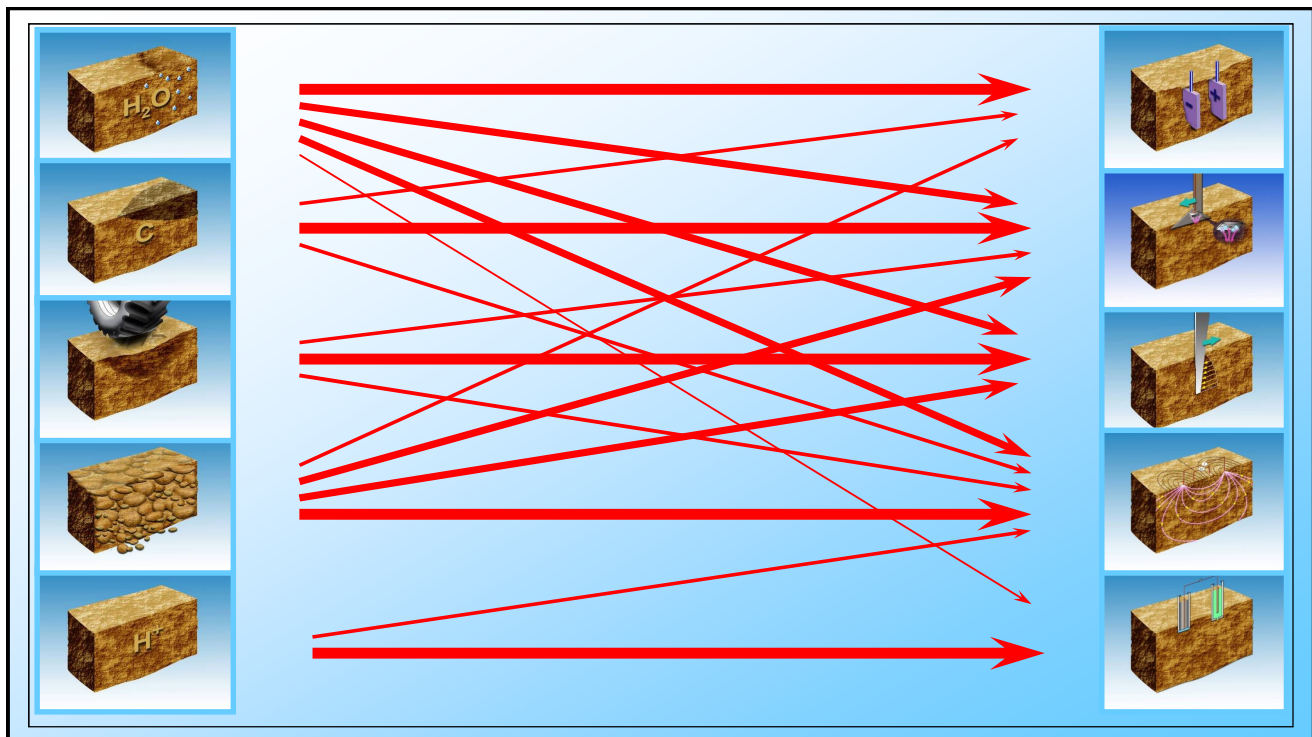
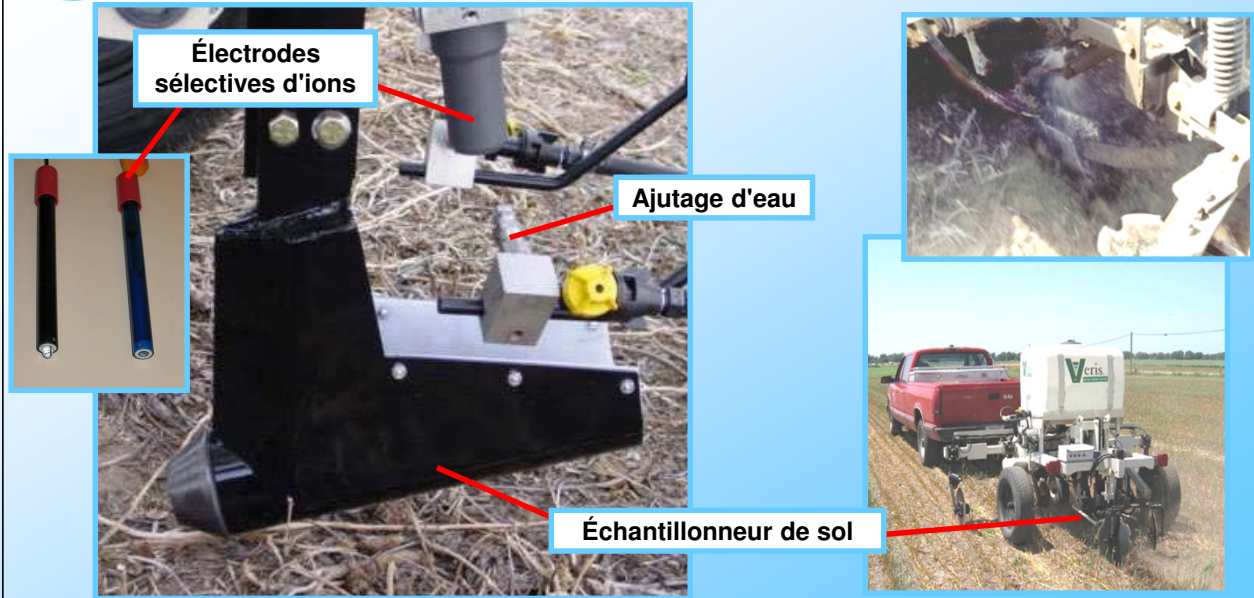
- 0 – 10 cm
- 10 – 20 cm
- 20 – 30 cm

Capteur de compensation de frottement sol-métal



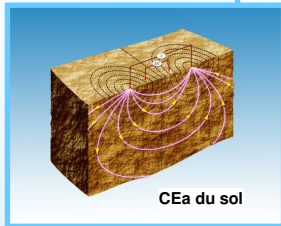


Cartographie du pH du sol

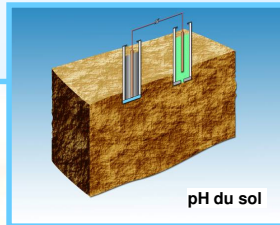




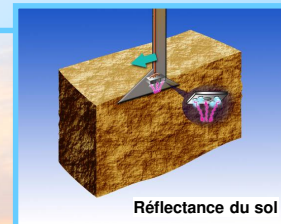
Fusion de capteurs



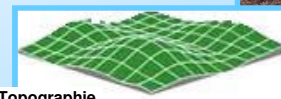
CEa du sol



pH du sol



Réflectance du sol



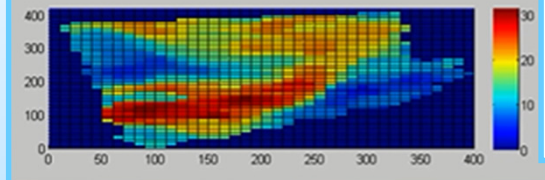
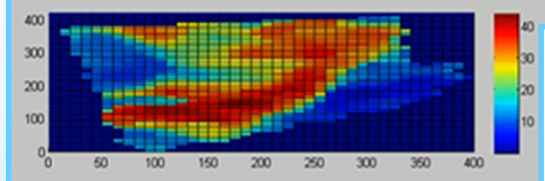
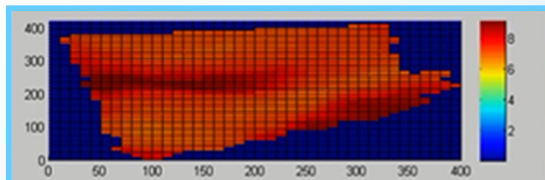
Topographie



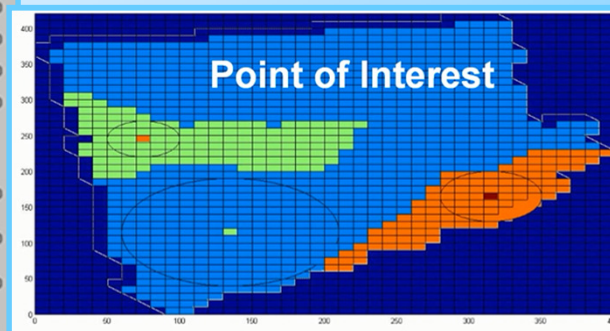
Données de laboratoire

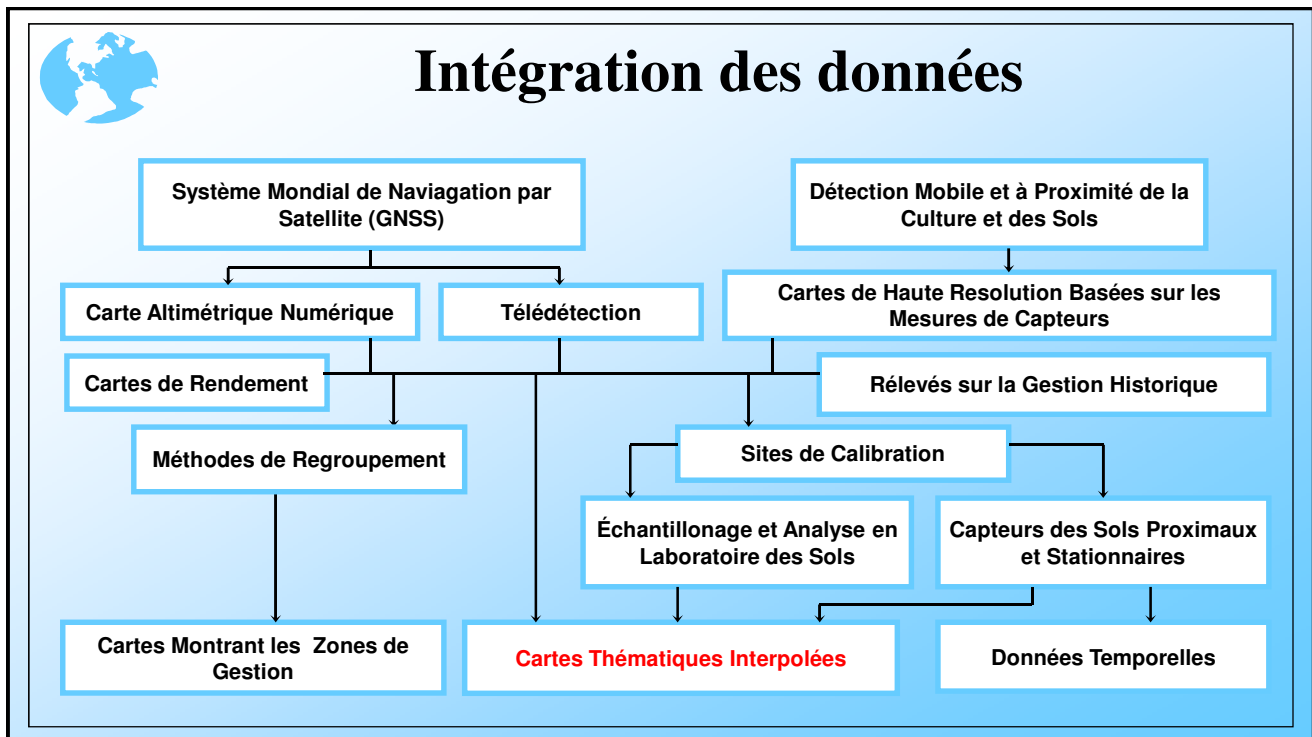
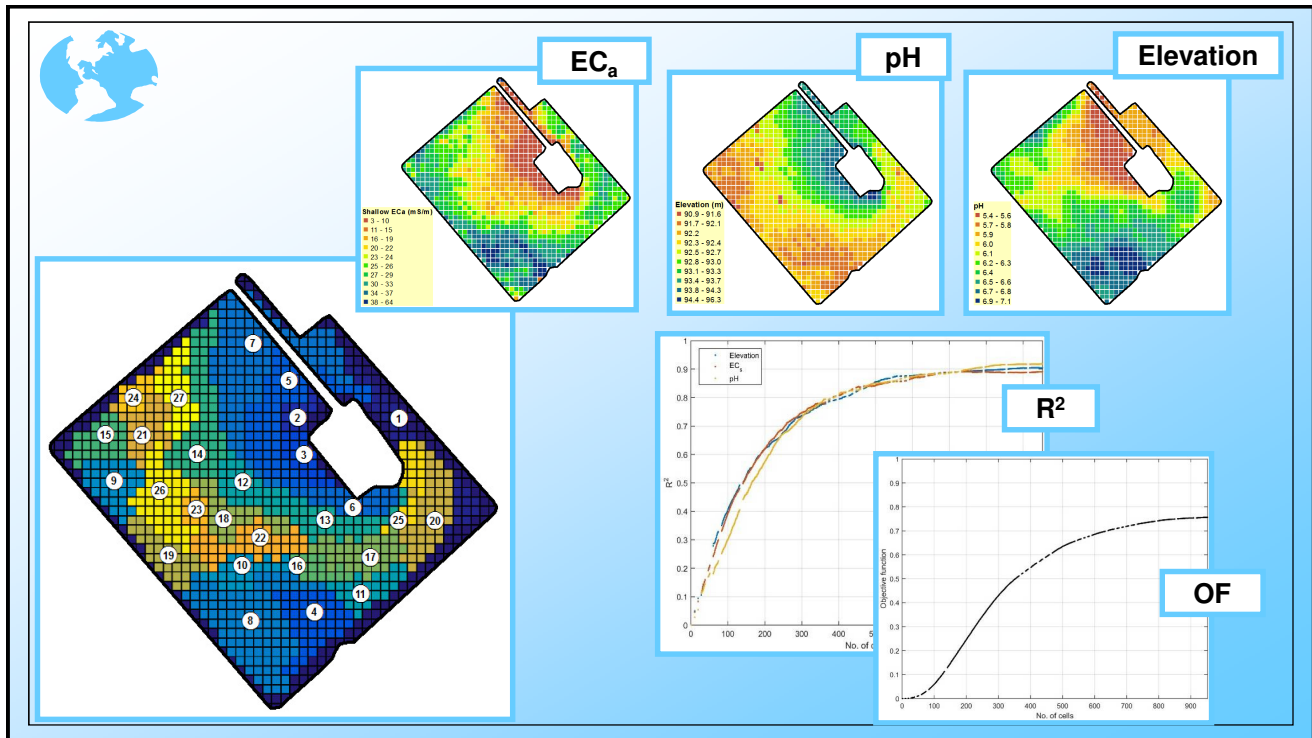


Emplacements clés sur le terrain



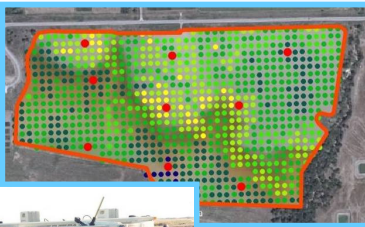
- Propagation des données
- Répartition spatiale
- Homogénéité locale



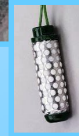
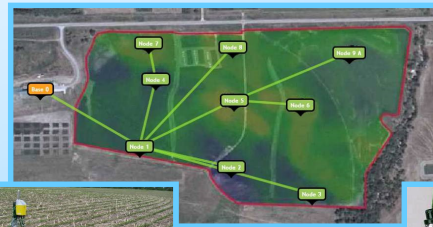




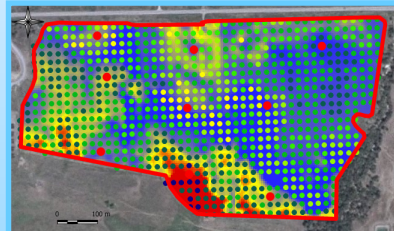
Réseaux de capteurs sans fil



+



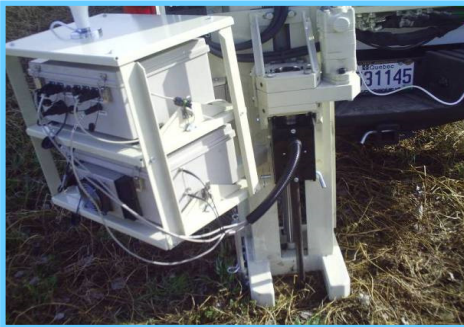
=



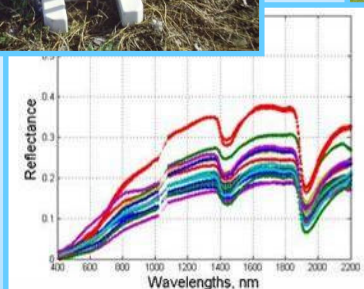
Carte de l'évaluation en temps réel de l'impact d'une pénurie d'eau



Mesures *in situ*



Profilage du sol





Analyseur on-the-spot (OSA)



Ensemble d'électrodes sélectives aux ions

Mécanisme de déploiement des capteurs



Défecteur

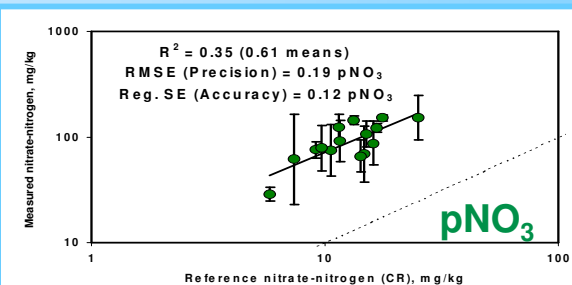
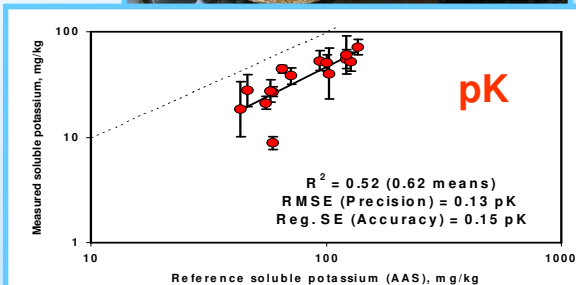
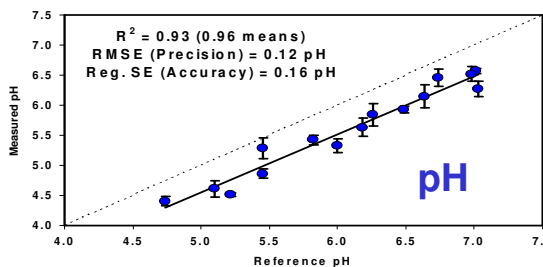
Mécanisme de préparation du sol

Attelage standard

Brevet des États-Unis No. 9,389,214

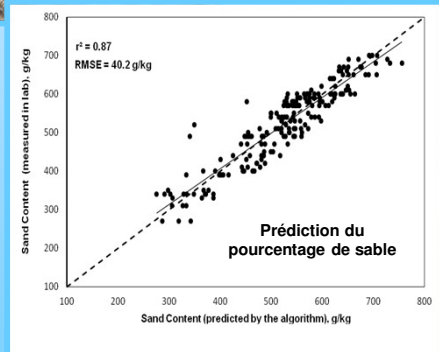
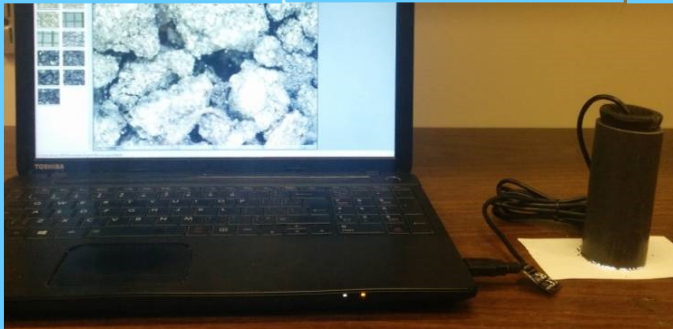
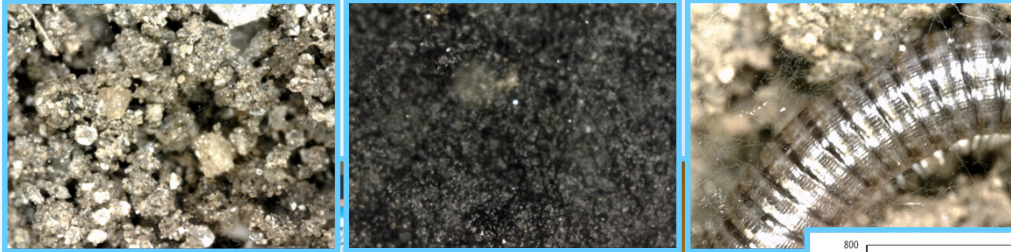


Mesure directe intégrée du sol

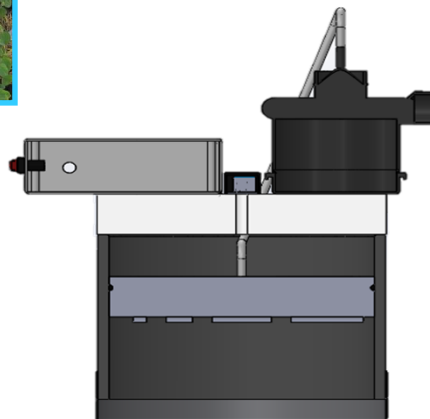




Microscopie du sol *in situ*

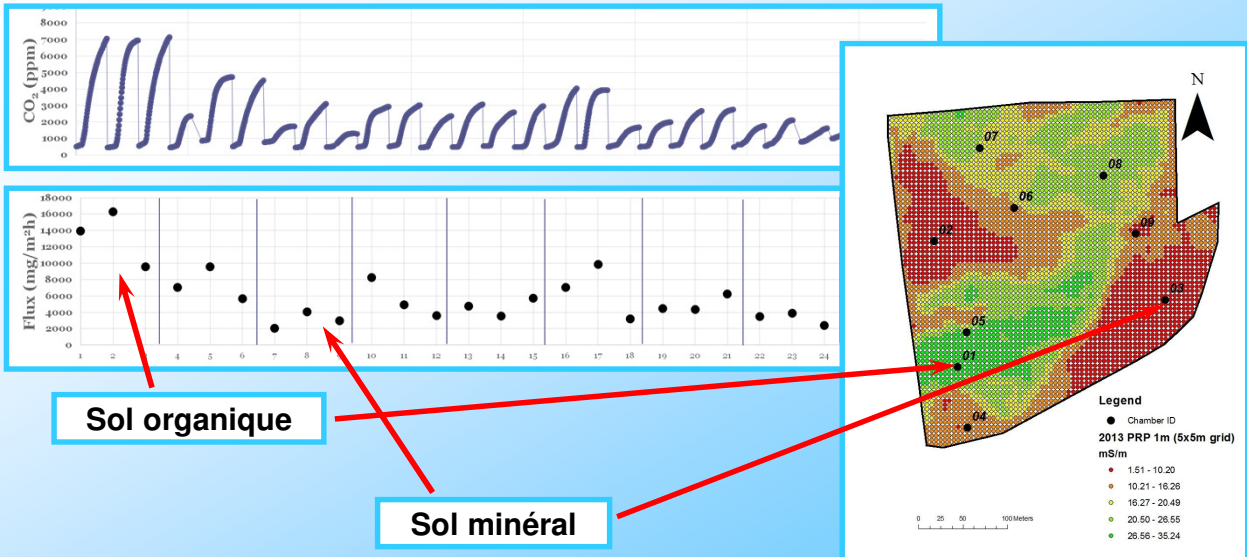


Détection de CO₂ des sols *in situ*





Détection de CO₂ des sols *in situ*



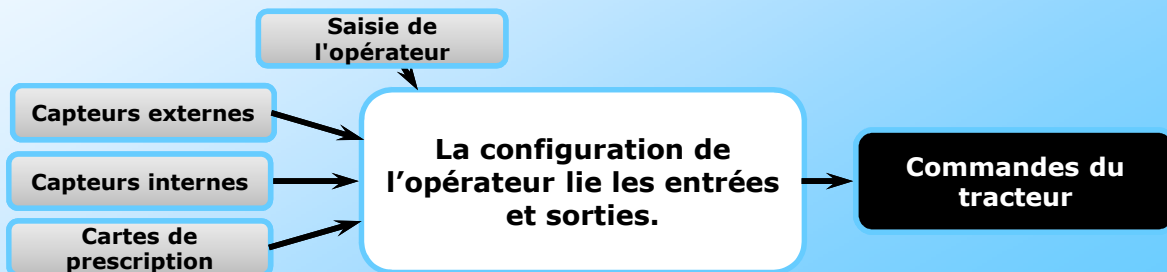
Sol organique

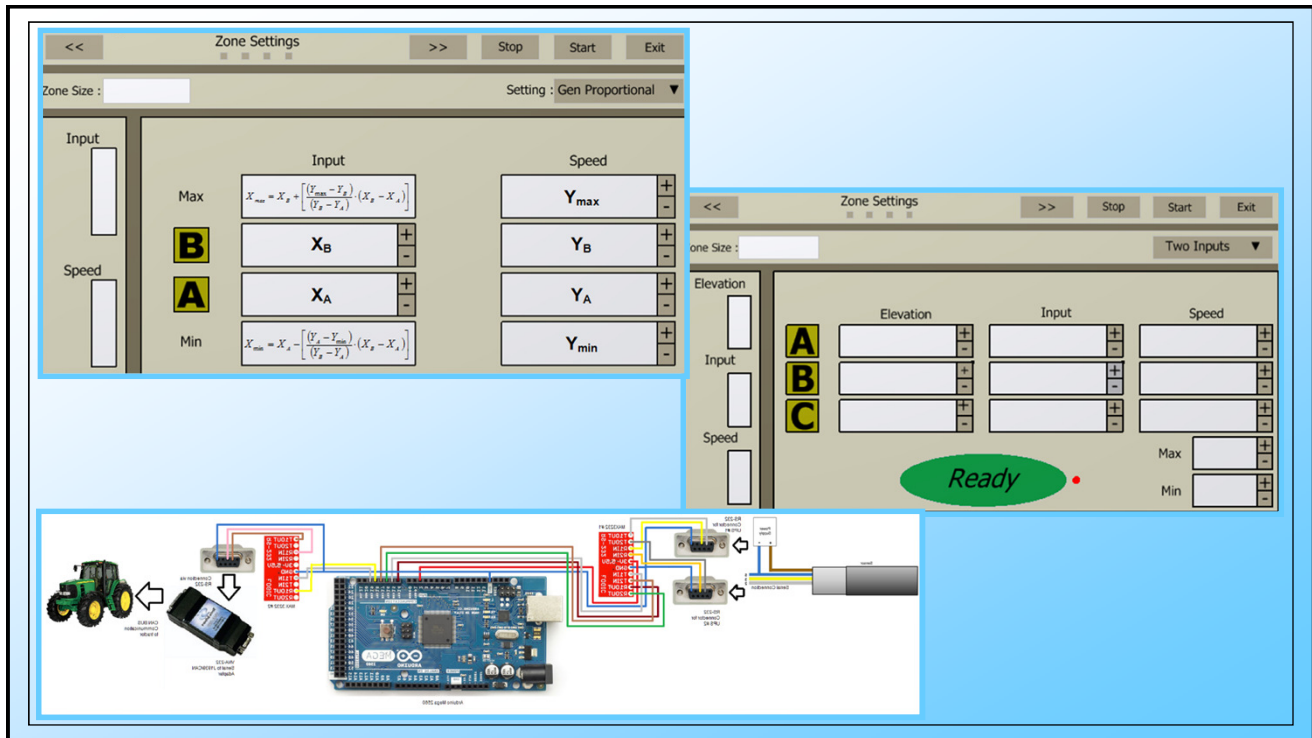
Sol minéral



Le concept de tracteur intelligent

- Les opérations du tracteur sont associées aux conditions locales en fonction de règles définies par l'opérateur ou d'un apport direct de ce dernier
- Utilisation de capteurs internes ou externes pour la reproduction des paramètres d'opération adéquats





Contrôle proportionnel

Gestion du lisier de bovin à taux variable

The graph shows a linear relationship between Sensor Input (Elevation) and Control Output (Speed). The y-axis is labeled 'Control Output (Speed)' with values S_{max}, S_a, S_b, and S_{min}. The x-axis is labeled 'Sensor Input (Elevation)' with values E_a and E_b. A line starts at S_{max} and decreases linearly through points (E_a, S_a) and (E_b, S_b) to S_{min}.

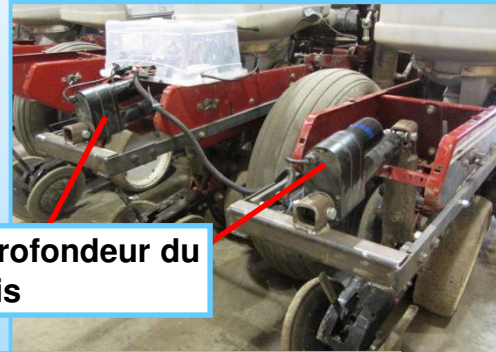
Field 22 - Proportional Manure Application

The right side shows two maps of Field 22. The first map is 'Elevation RTK GPS (m)' with a color scale from 7.26 to 10.13. The second map is 'Proportional Manure Application Rates (m³/ha)' with a color scale from 35.63 to 50.46. A specific area 'A' is highlighted on the second map, indicating a 20% increase in manure application.

A permis un épandage additionnel de 20 % (80 m³) de lisier dans ce champ de maïs de 12.4-ha sans risque pour l'environnement



Semis à profondeur variable

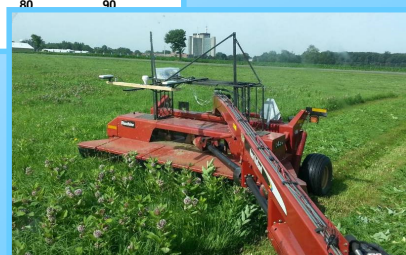
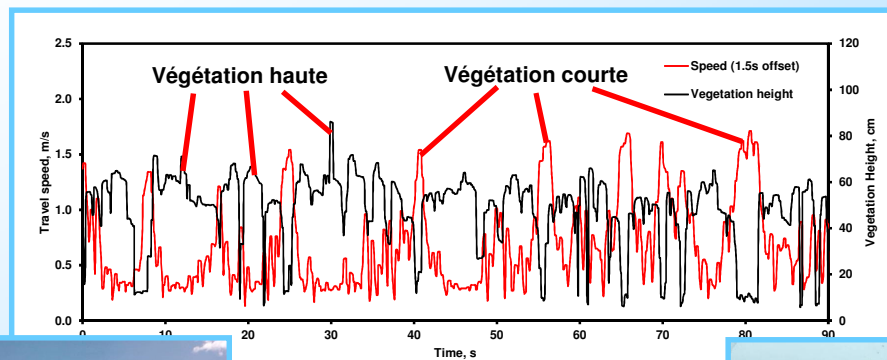


Contrôle de la profondeur du semis

Détection de l'eau contenue dans le sol

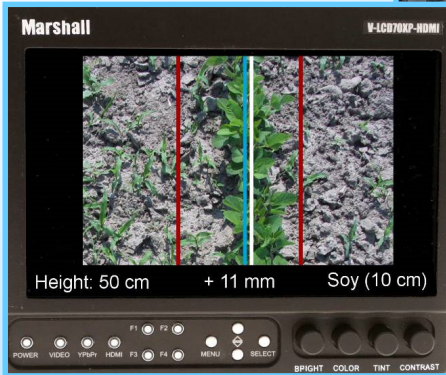


Contrôle de la vitesse du tracteur en fonction de la hauteur de la culture

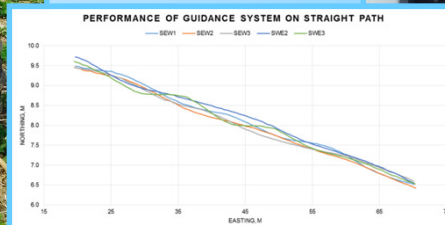




Guidage automatique en utilisant la vision par ordinateur



Système de guidage automatique de tracteur à installation rapide





14th International Conference on Precision Agriculture

24 au 27 juin 2018
Le Centre Sheraton
Montréal, Québec, Canada

International Society of Precision Agriculture (ISPA)

www.ispag.org/icpa

THE INTERNATIONAL SOCIETY OF PRECISION AGRICULTURE PRESENTS THE
14th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
PRECISION AGRICULTURE

June 24-27, 2018 • Le Centre Sheraton • Montreal, Quebec, Canada

Call for Abstracts

Abstracts for the 14th International Conference on Precision Agriculture may be submitted online at www.ispag.org on or before the abstract submission deadline, November 30, 2017. Abstracts must be 300-500 words in length and not contain references or figures. Abstracts will be reviewed for suitability based on scientific content and clarity by the conference program committee. Authors of accepted abstracts will be invited to submit a paper for the conference proceedings and to present their research as an oral or poster presentation after payment of registration fees.

Topics

- Precision Agriculture and Global Food Security
- Proximal and Remote Sensing of Soil and Crop (including Phenotyping)
- Applications of Unmanned Aerial Systems
- Wireless Sensor Networks
- Robotics, Guidance and Automation
- Precision Dairy and Livestock Management
- Farm Animals Health and Welfare Monitoring
- Geospatial Data
- Big Data, Data Mining and Deep Learning
- Decision Support Systems
- Smart Weather for Precision Agriculture
- Site-Specific Nutrient, Lime and Seed Management
- In-Season Nitrogen Management
- Precision Crop Protection
- Drainage Optimization and Variable Rate Irrigation
- Land Improvement and Conservation Practices
- Site-Specific Future Management
- Precision Horticulture
- Profitability and Success Stories in Precision Agriculture
- Education and Outreach in Precision Agriculture

Dr. Nicolas Tremblay, Conference Co-Chair
President, International Society of Precision Agriculture
president@ispag.org

Dr. Viacheslav Adamchuk, Conference Co-Chair
Secretary, International Society of Precision Agriculture
secretary@ispag.org

ISPA
International Society of Precision Agriculture
www.ispag.org



<http://adamchukpa.mcgill.ca>
E:mail: viacheslav.adamchuk@mcgill.ca