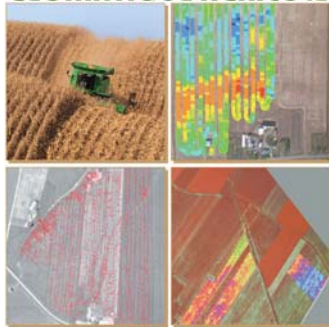


APPLIQUER LA GÉOMATIQUE AGRICOLE



*pour mieux gérer la variabilité
des sols et des cultures*

Colloque géomatique et agriculture de précision

Présentations PowerPoint

Connaître, comprendre, contrôler : une approche pour gérer la variabilité spatio-temporelle des sols et des cultures

Athyna Cambouris, agronome, chercheuse en sols, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Québec

La plus-value de l'utilité de la géomatique dans la planification et le suivi au champ

Éric Thibault, agronome, conseiller et consultant, PleineTerre s.e.n.c. et Club Techno-Champ 2000, Napierville
Collaborateurs : Mario Asselin et Guillaume Allard

Gestion de l'eau de surface (drainage parcellaire de surface)

Coauteurs

Bruno Bouchard, ingénieur, directeur, division Laguë Précision, Les Équipements Laguë Itée, Saint-Hyacinthe
Claude Lalongé, agronome, consultant, ConsolAg, Boucherville

Le rôle de la géomatique dans la gestion de l'eau et de l'érosion

Richard Lauzier, agronome, conseiller, MAPAQ, Direction régionale de la Montérégie-Est, Bedford

Perspectives d'application localisée d'herbicides au Québec

Bernard Panneton, ingénieur, chercheur, Centre de recherche et de développement en horticulture, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Saint-Jean-sur-Richelieu

Collaborateurs : Louis Longchamp, Université Laval
Marie-Josée Simard, AAC
Gilles D. Leroux, Université Laval

Utilisations pratiques des outils d'agriculture de précision dans l'entreprise

Sylvain Raynault, producteur, Ferme Bonneterre inc., Saint-Paul-de-Joliette

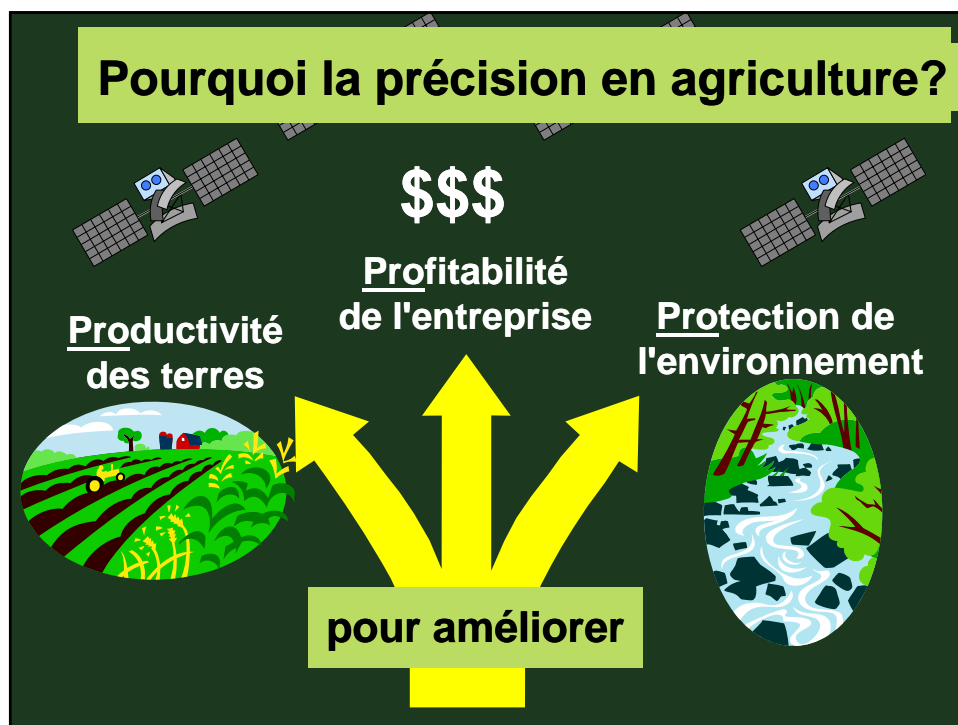


**Connaître, comprendre et contrôler :
une approche pour gérer
la variabilité spatio-temporelle
des sols et des cultures**

Athyna Cambouris, Ph.D., agronome
Laboratoires de pédologie et
d'agriculture de précision


 Agriculture et
Agroalimentaire Canada
 
 Agriculture and
Agri-Food Canada


 Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec
Commission de géomatique agricole
et d'agriculture de précision



AGRICULTURE DE PRÉCISION –

Règle des 3 « C »

3-Contrôler

- ⇒ Application à taux variable (agriculture de précision)
- ⇒ Gestion localisée (par zone d'aménagement)
- ⇒ Plan précis d'aménagement agroenvironnemental

**Variabilité
spatio-
temporelle
intraparcellaire
des sols et des cultures**

Établir le bon diagnostic

1-Connaître

Quantifier, modéliser
et cartographier

2-Comprendre

Causes, processus et impacts

Source : Nolin et Cambouris, 2008

Variabilité des sols et des cultures Nature et composante

□ Variabilité aléatoire (modèle inconnu)

- Erreur d'échantillonnage
- Erreur de mesure

□ Variabilité systématique (modèle connu)

- Variabilité temporelle (selon le temps)
- Variabilité spatiale (dans l'espace)



Origine et causes de la variabilité des sols

□ Variabilité intrinsèque

- Liée aux facteurs de formation du sol
- Origine (dépôt meuble, forme de terrain)
- Processus physiques (pédoturbation)
- Processus physicochimiques (hydrolyse, oxydo-réduction, lessivage, etc.)

□ Variabilité extrinsèque

- Liée à l'aménagement des terres
- Travaux de mise en valeur, pratiques culturales, intrants, etc.



Origine et causes de la variabilité des cultures

□ Variabilité intrinsèque

- ADN, ARN

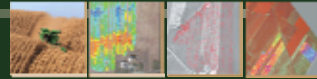
□ Variabilité extrinsèque

- Conditions climatiques
- Pratiques culturales
- Attaques externes par ennemis des cultures (virus, bactéries, champignons, insectes, etc.)

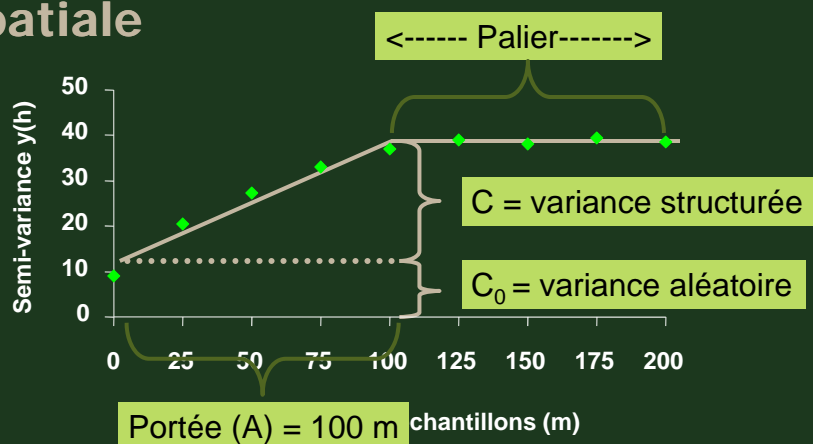


Comment mesure-t-on l'importance de la variabilité spatiale?

- En prenant plusieurs échantillons géoréférencés
 - Sols : horizons A, B et C, CEA, image satellite, altitude, etc.
 - Plantes : en tout ou en partie, N sensor, SPAD, capteur de rendement, etc.
- Faire l'étude du variogramme



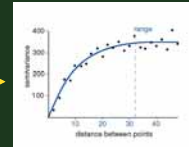
Structure d'organisation de la variabilité spatiale



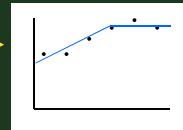
Ratio C/C_0+C

Échelle d'appréciation de la dépendance spatiale

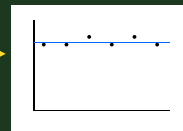
• Ratio $C/C_0+C = 1$ – c.-à-d. 100 % des données présente une structure spatiale



• Ratio $C/C_0+C = 0,5$ – c.-à-d. 50 % des données présente une structure spatiale

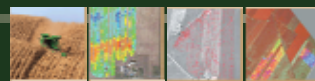


• Ratio $C/C_0+C = 0$ – c.-à-d. aucune présence de structure spatiale

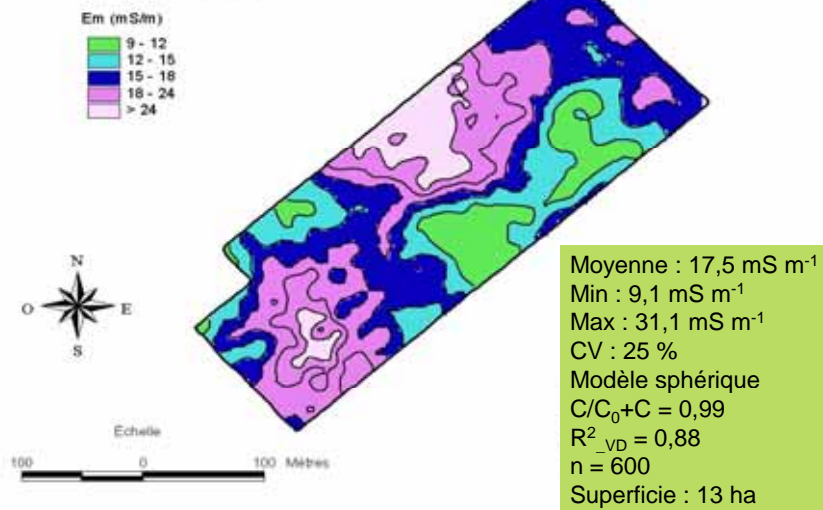


Quelques exemples de la variabilité spatiale

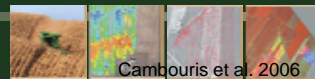
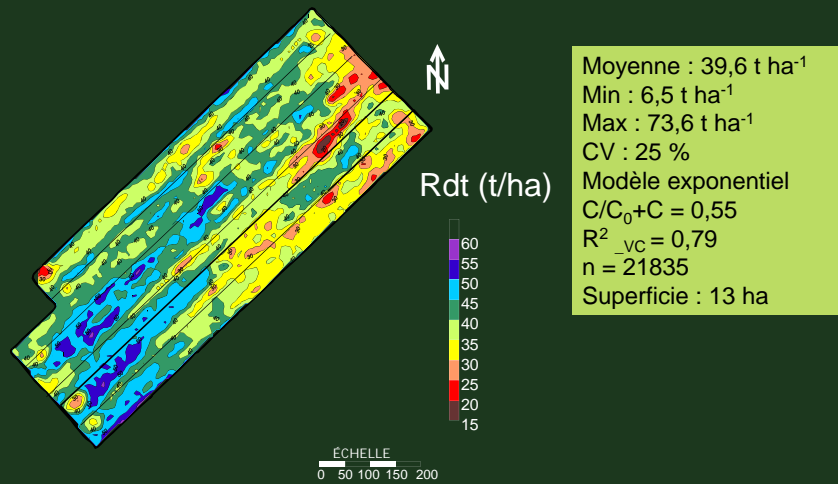
- Des propriétés des sols
- Des cultures



Conductivité électrique apparente



Carte de rendement

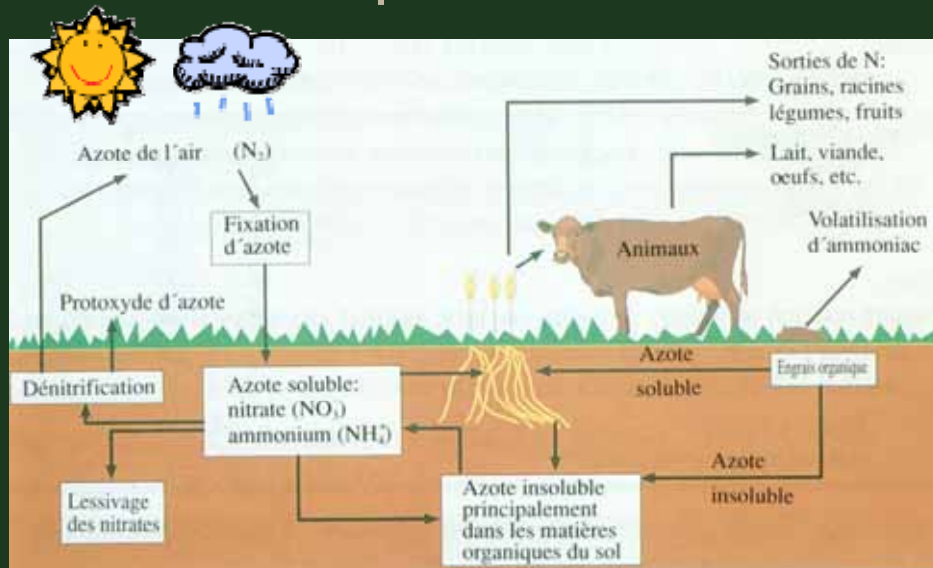


Quelques exemples de la variabilité temporelle

- Des propriétés des sols
- Des cultures

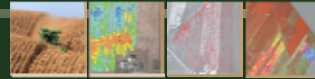
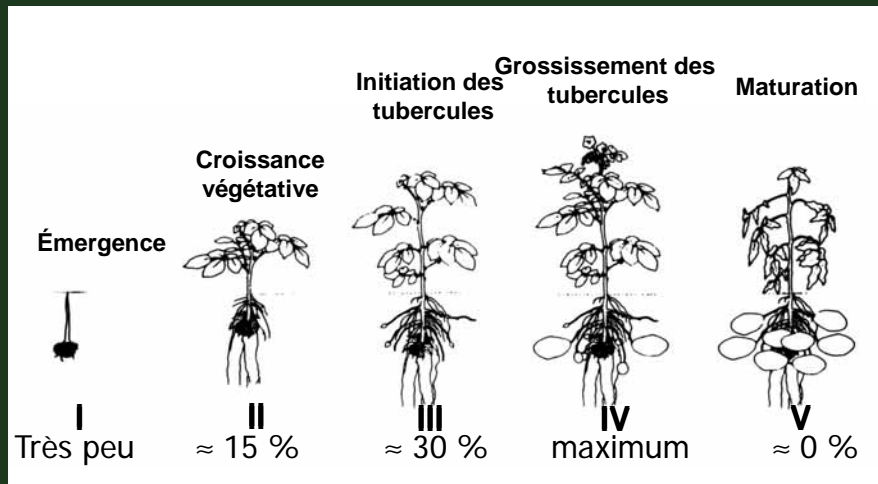


Variabilité temporelle de l'azote du sol



Source de l'image : Agriculture et fertilisation, Norsk Hydro 1990

Variabilité temporelle des cultures



En conclusion...

- Le succès de l'agriculture de précision repose sur notre habilité à connaître, comprendre et, si possible, contrôler la variabilité spatio-temporelle des sols et des cultures, et ce, dans le but d'améliorer la productivité des terres, la rentabilité de l'entreprise et la protection de l'environnement.





MERCI...

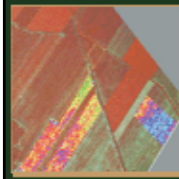
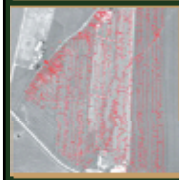
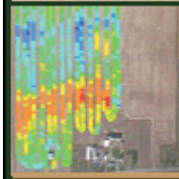


Bonne journée à tous!

Athyna Cambouris, Ph.D., agronome
athyna.cambouris@agr.gc.ca

 Agriculture et Agroalimentaire Canada Agriculture and Agri-Food Canada

 Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec
Commission de géomatique agricole et d'agriculture de précision



La plus-value de la géomatique dans la planification et le suivi au champ

Éric Thibault, agronome

PleineTerre - Agronome conseil et
Club Techno-Champ 2000

Collaborateurs

Mario Asselin, M.Sc., agr. et Guillaume Allard-Thérien



La géomatique agricole

- À quoi ça sert pour l'agronome et le producteur
 - PAEF et PAEV
 - Archivage des données
 - Diagnostic
 - Planification des travaux au champ
 - Réalisation des travaux au champ



Les outils utilisés

- Par les conseillers
 - Système de positionnement par satellite (GPS)
 - Système d'information géographique (SIG)
 - Couches d'informations référencées
 - Différents logiciels d'analyse et de traitement de données



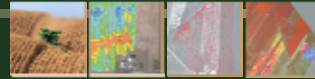
Les outils utilisés

- Agriculteurs
 - Système de guidage
 - Capteur de rendement
 - GPS et SIG adapté pour l'archivage de données
 - Système GPS pour drainage et nivellement



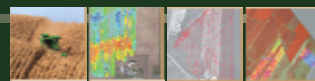
Les outils que nous utilisons

- SIG
 - TNTmips 6.8
 - ArcGIS 9.3.1 avec extension 3D et Spatial Analyst
- GPS
 - Magellan Pro Mark 3 (Post traitement et RTK)
 - 2 récepteurs Ashtech MobileMapper 6 (précision 1,5 m)
- Logiciels
 - Global Mapper (coupe de terrain)
 - AGPS Shape Pro (plan de nivellement et drainage)
 - GradePlane (plan de nivellement)
 - AgForm (plan de nivellement et drainage)



Les outils que nous utilisons

- Couches d'informations géoréférencées
 - Orthophoto
 - Carte pédologique
 - Carte hydrographique
 - Carte routière
 - Carte cadastrale



Historique de la ferme

- Archivage des données dans un SIG
 - Résultats d'analyse de sol
 - Culture
 - Pratiques culturales
 - Produits phytosanitaires appliqués
 - Carte de rendement
 - Modèle numérique de terrain (MNT)
 - Positionnement du système de drainage
 - Etc.

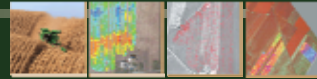


Archivage des données dans un SIG

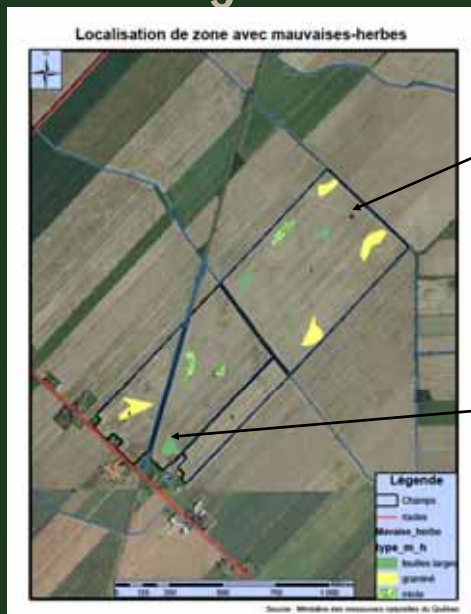


Historique de la ferme (suite)

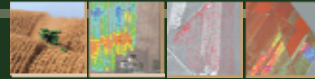
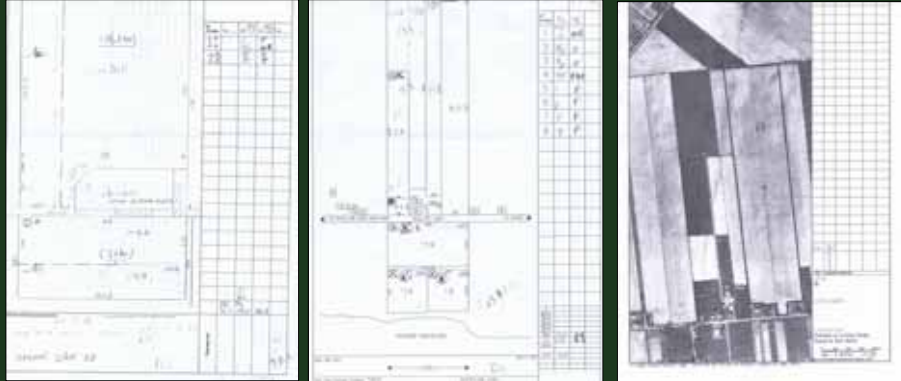
- Archivage de zones problématiques :
 - Zones d'infestation de mauvaises herbes
 - zones d'accumulation d'eau
 - Zones de compaction
 - Érosion
 - Pierre en surface
 - Zones d'infestation de maladie
 - Etc.



Archivage de zones problématiques



La géomatique dans le PAEF



La base du PAEF



SIG permet :

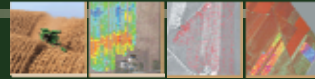
- Localisation rapide des cours d'eau, fossés et puits
- Mesure des cours d'eau et fossés
- Modification facile des contours
- Association de données à des polygones référencés



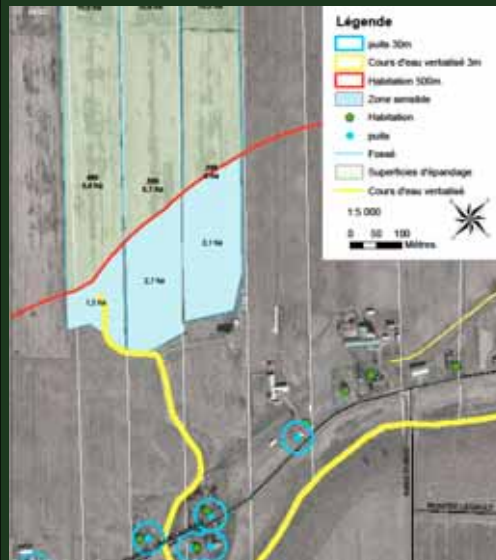
Localisation des zones inondables



- Carte numérisée des zones inondables
- Orthophotos
- Contour de champ numérisé



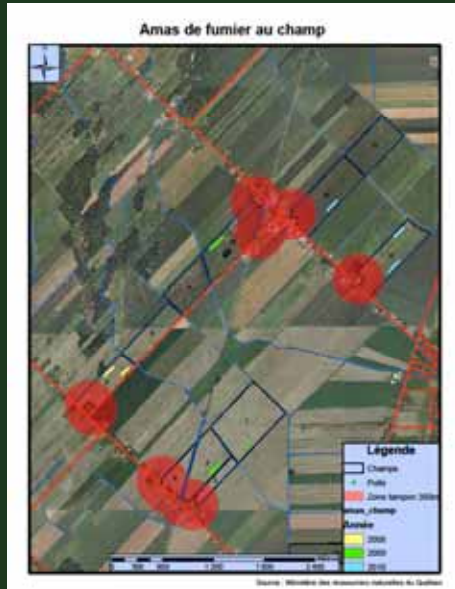
Localisation des distances séparatrices



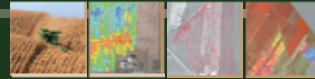
- Création des zones tampons
- Facilite le repérage au champ
- Mesure précise des superficies d'épandage



Localisation des amas au champ



- Facilite le suivi pluriannuel
- Facilite le choix de l'emplacement



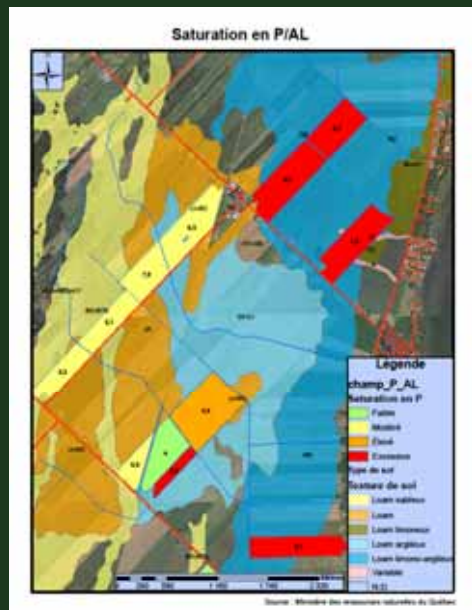
Localisation des distances au champ



- Drapeau de marquage
- GPS
- Un bon plan de localisation pour l'opérateur



Carte des saturations en P



- % P/Al vs texture de sol
- Localisation des champs saturés
- Tous les éléments peuvent être illustrés graphiquement



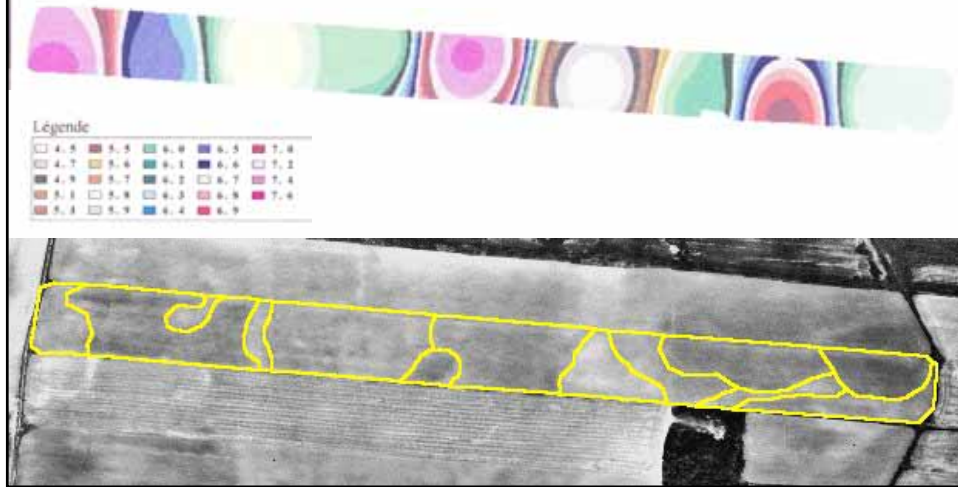
Échantillonnage des sols

- Champ par champ
- Aléatoire
- Dirigé : champ divisé en sections selon les connaissances du terrain



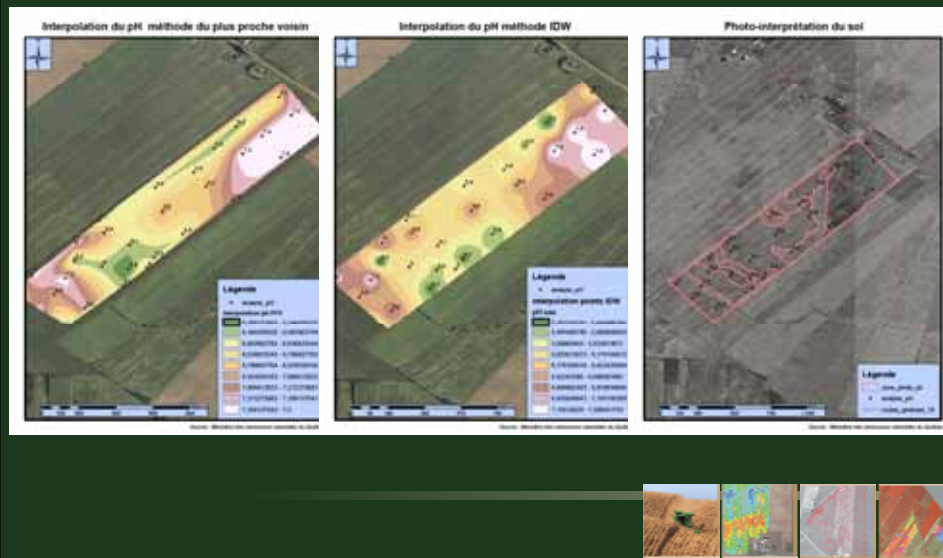
Échantillonnage des sols aléatoire

- Échantillons référencés et analysés individuellement



Échantillonnage des sols aléatoire

- Attention à la méthode d'interpolation utilisée



Échantillonnage des sols dirigé

Méthodes de zonage d'un champ :

- Photo aérienne en noir et blanc ou infrarouge couleur (IRC) des sols à nu
- Cartes de rendement pluriannuelles
- Carte pédologique
- Cartographie de la réponse électromagnétique (géoradar) et de la conductivité électrique des sols (VERIS 3100)



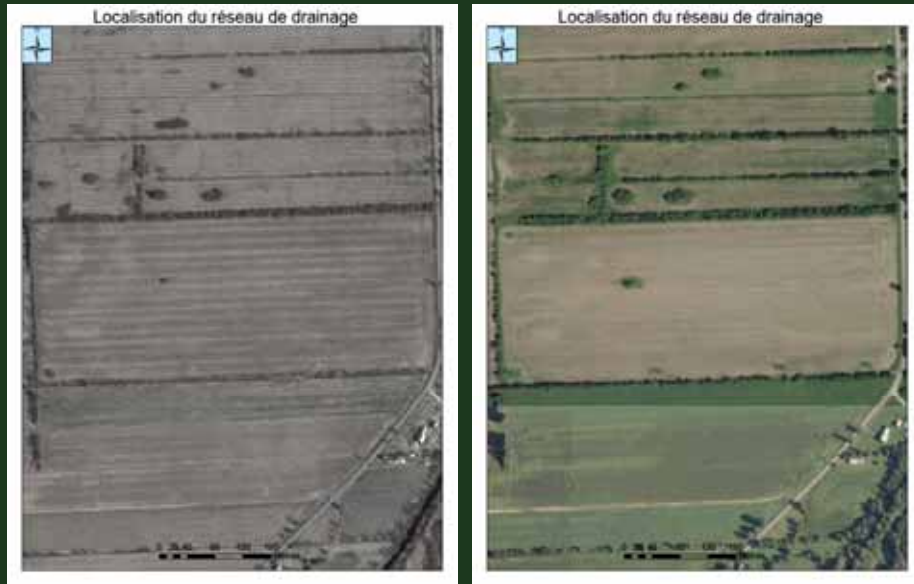
Diagnostic

Étape 1 – Prédiagnostic au bureau à l'aide du SIG

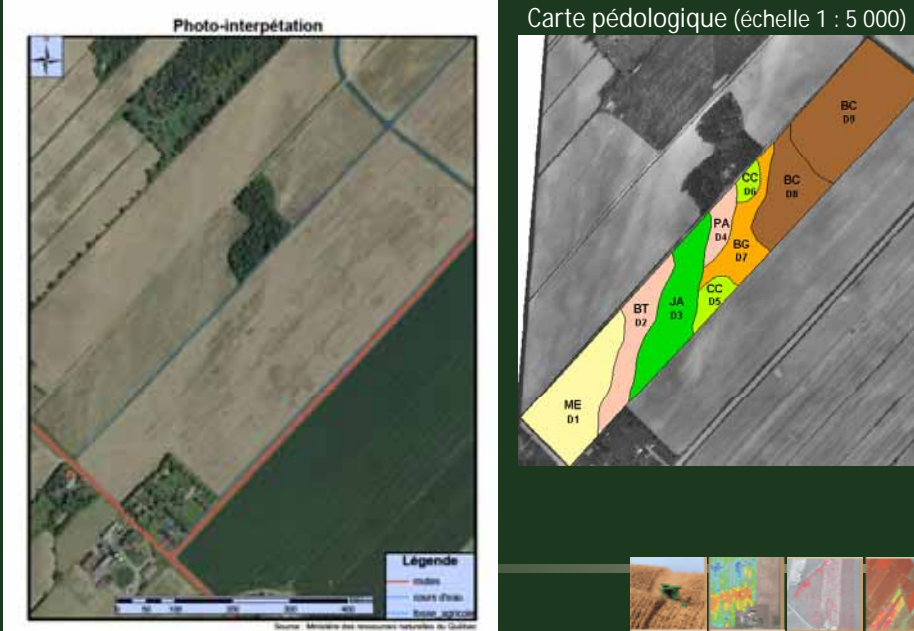
- Orthophoto
 - Localisation des problématiques (coteau, coulée, baissières, etc.)
- Carte pédologique
 - Sols mal drainés, potentiel de compaction et d'érosion, etc.
- Modèle numérique de terrain
 - Zone d'érosion potentielle, baissière, sortie de rigole
- Plan de drainage géoréférencé
 - Localiser les sorties de drain
- Création de points géoréférencés pour visite ultérieure sur le terrain



Diagnostic



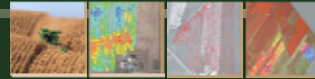
Diagnostic



Modèle numérique de terrain



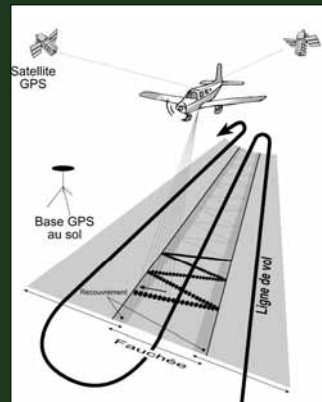
1. Acquisition des données sur le terrain (RTK ou post-traitement)
2. Création d'un fichier vectoriel
3. 400 à 600 pts/ha



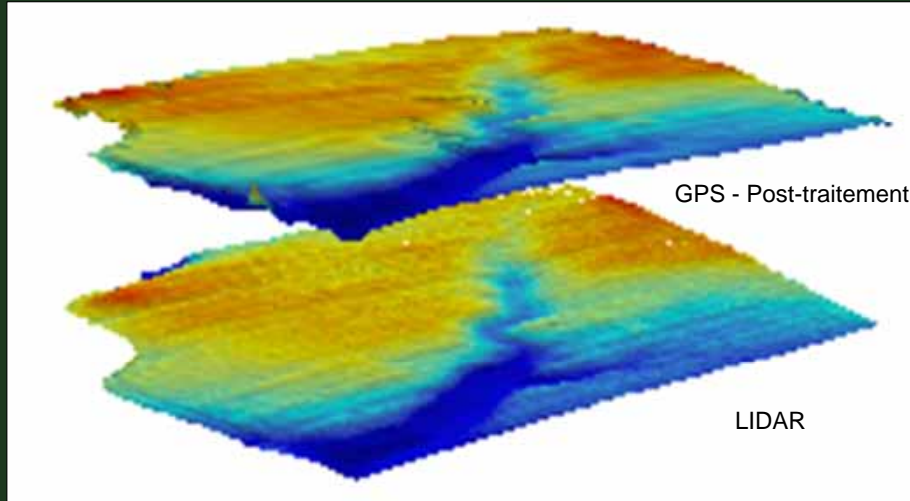
Modèle numérique de terrain



1. Acquisition des données par avion
2. Création d'un fichier vectoriel
3. 9 000 à 10 000 pts/ha

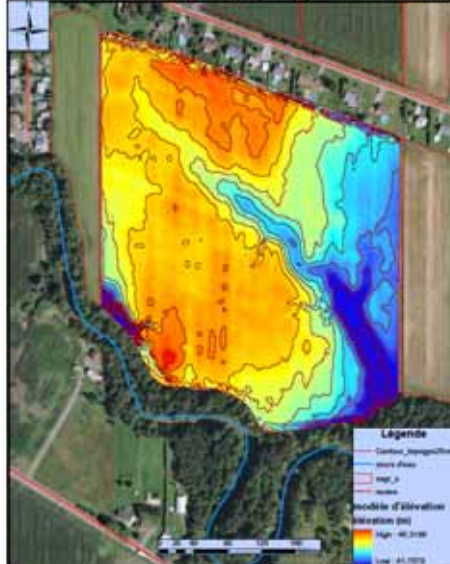


LIDAR vs GPS



Application possible du MNT

Courbes de niveau et modèle numérique de terrain GPS



Accumulation d'eau au champ GPS



Source: Ministère des Ressources Naturelles du Québec

Source: Ministère des Ressources Naturelles du Québec

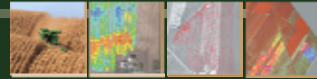
Diagnostic

Étape 2 – Visite sur le terrain

- GPS
 - Localisation des problématiques (zone d'érosion, baissière, sortie de drain érodé, zone de compaction, décrochement de berge, etc.)
 - Prendre des mesures précises au champ (longueur de berge décrochée, superficie d'une zone enherbée, etc.)

Étape 3 – Plan de localisation des problématiques

- Intégration des données dans le SIG pour visualisation et planification des travaux
- Permet de comptabiliser les aménagements à effectuer

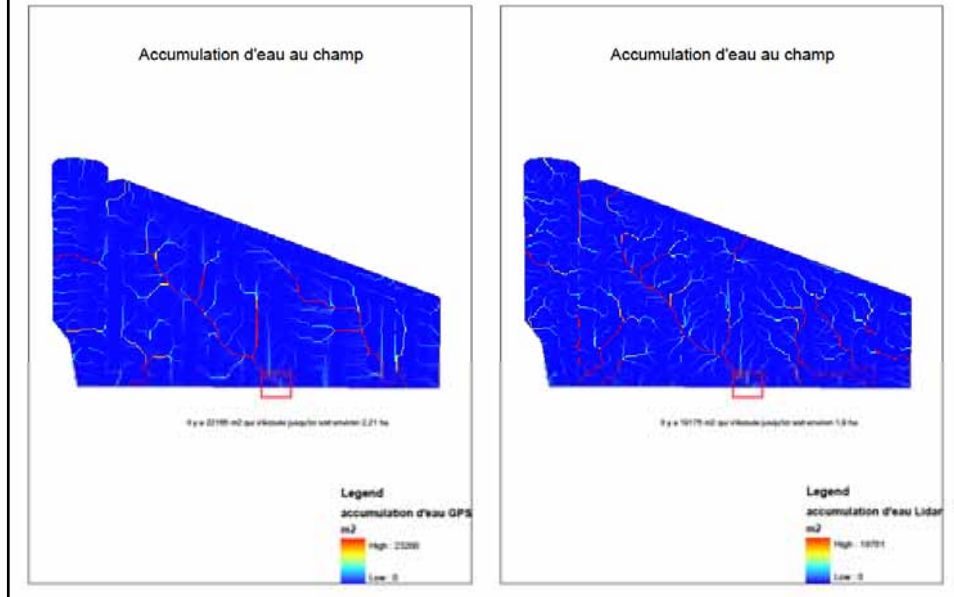


Planification des travaux

- MNT
 - Mesure des bassins versants pour dimensionnement
 - Calcul de la pente
 - Longueur d'écoulement
 - Minimiser le nombre d'aménagements pour rendre nos ouvrages efficaces au niveau environnemental et économique
- Carte pédologique
 - Évaluation des risques d'érosion
 - Perméabilité pour dimensionnement
- Carte hydrographique
 - Localisation des cours d'eau verbalisés
 - Vérification des besoins réglementaires



Planification des travaux



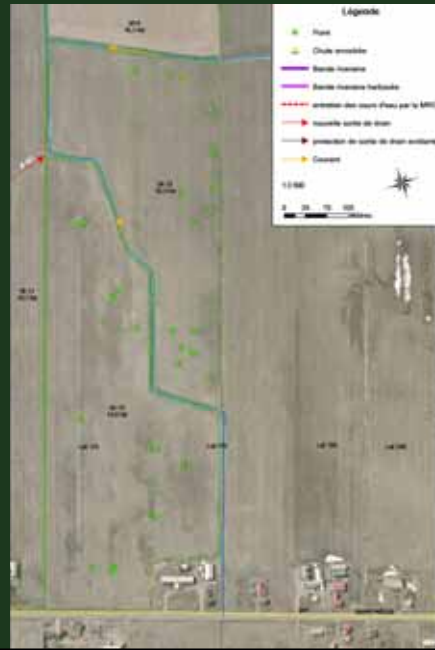
Plan d'aménagement



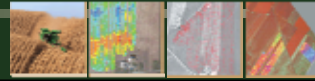
- Demande Prime Vert
- Quantité et coûts des matériaux
- Facilite la compréhension des intervenants



Localisation des travaux



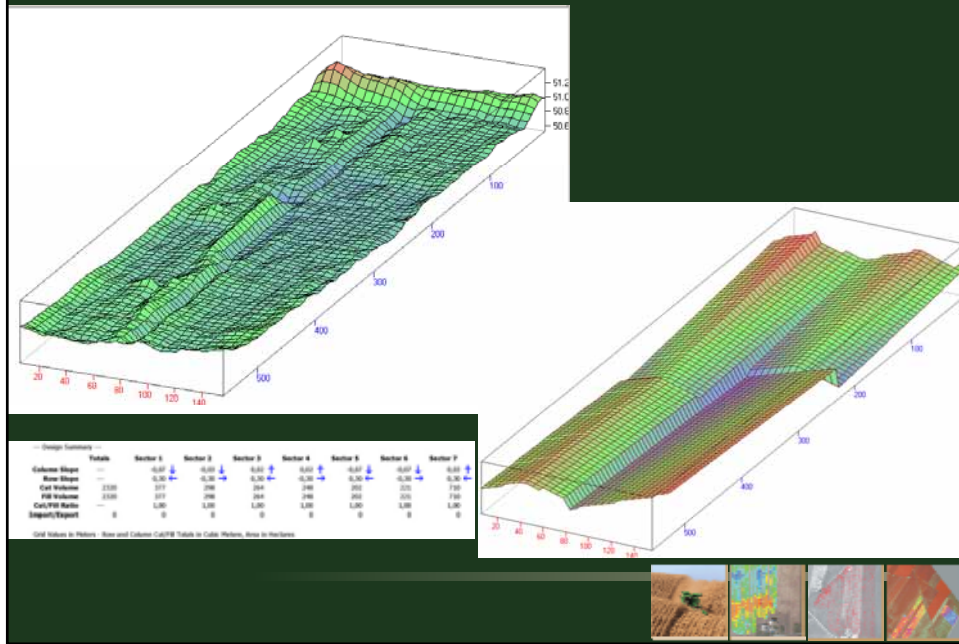
- Installation de drapeaux de balisage



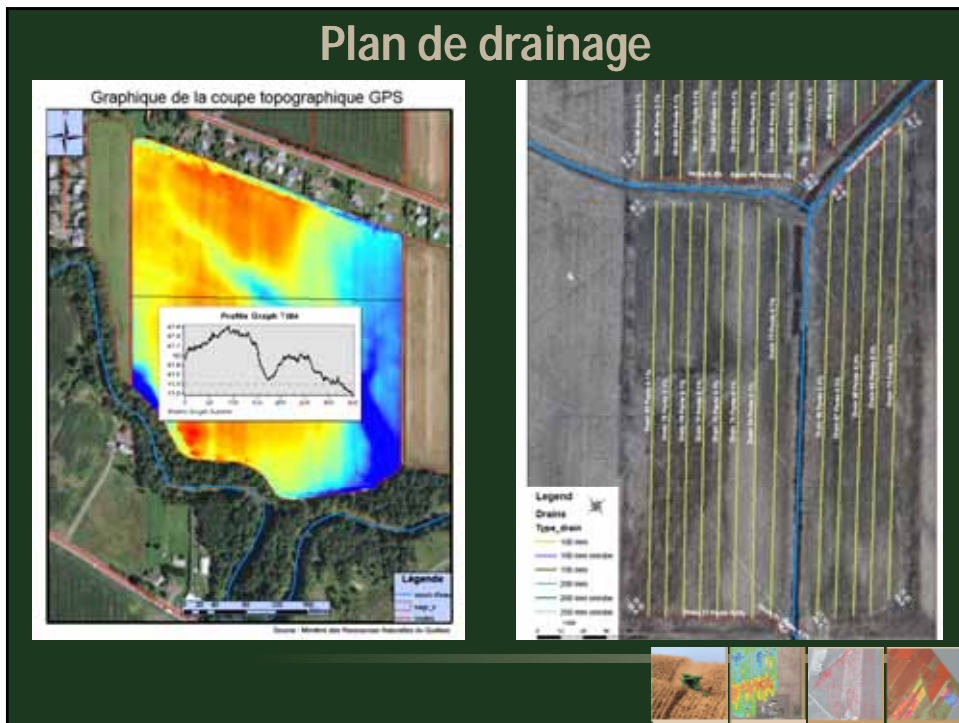
Planification du travail



Plan de nivellement



Plan de drainage



Suivi des cultures et dépistage

Technologies spatiales permettent de :

- Visualiser et analyser la distribution des foyers d'infestation d'une maladie ou d'un ravageur
- Suivre l'évolution des foyers d'infestation
- Comprendre l'influence du milieu sur les maladies et les ravageurs
- Cibler les sites où des interventions phytosanitaires sont nécessaires et des contraintes environnementales présentes
- Éviter les applications inutiles ou présentant des risques environnementaux



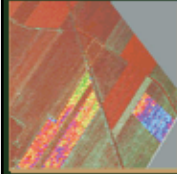
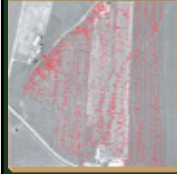
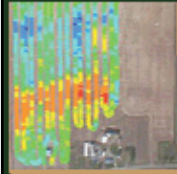
Application à taux variable

- Bon pour la chaux si carte de pH adéquate
- Pas nécessaire pour engrais
- Pourrait être intéressant pour N
 - Pas de méthode efficace jusqu'à maintenant
- Tient compte de la chlorophylle, mais pas du pouvoir de minéralisation du sol et de l'hybride

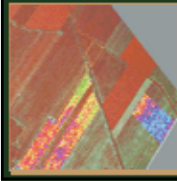
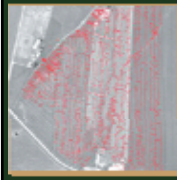
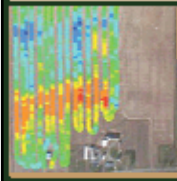


Conclusion

- Beaucoup d'autres applications
 - Traçabilité
 - Contrôle des mauvaises herbes
 - Semis à taux variables
- Manque de formation (agronome)
 - Programmation
 - Géomatique
 - Géostatistique



MERCI...



Période de questions

Éric Thibault, agronome
PleineTerre – Agronome conseil
et Club Techno-Champ 2000





Gestion de l'eau de surface

Coauteurs
Bruno Bouchard, ing., Laguë Précision
Claude Lalongé, agr., ConsolAg



Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec
CRABQ Commission de géomatique agricole
et d'agriculture de précision

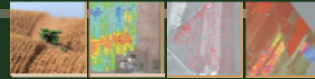
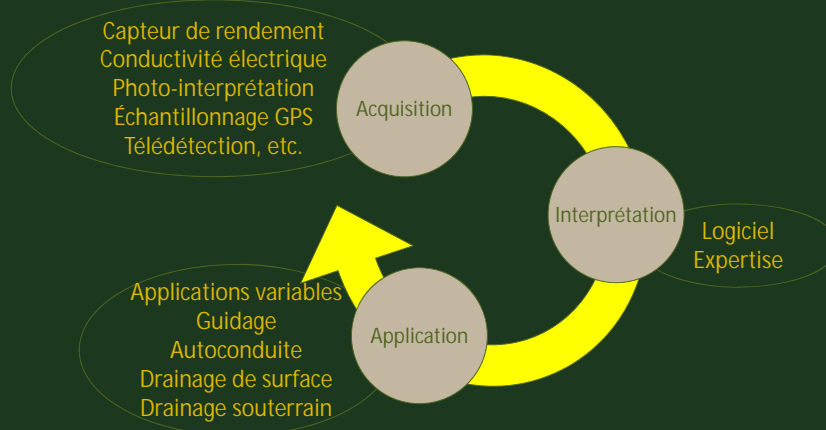
Plan de la présentation

- La précision
- Modes d'acquisition des données
- Analyses de modèles
 - Territoire
 - Parcellaire
- Approches de nivellement
- L'importance de planifier
- Le modèle décisionnel



Vers un système fonctionnel

Connaitre-Comprendre-Contrôler



ACQUISITION

Le modèle numérique d'altitude

- Non géoréférencé
 - Niveau et mire
 - Relevés laser
- Géoréférencé
 - Territoire
 - Correlator 3D
 - LIDAR
 - Parcellaire
 - GPS post-traitement
 - GPS RTK

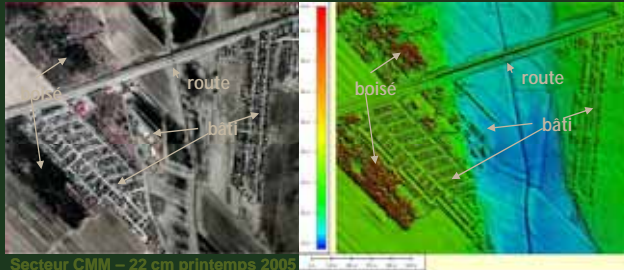


Correlator 3D

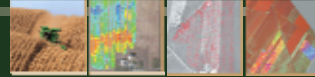
- 20-30 cm de précision altimétrique (pixel 8 cm)
- Pixels communs à partir de modèles stéréoscopiques
- Les paramètres de la caméra (cliché) doivent être connus
- Utilisation pour analyse d'écoulement de bassins versants

Cliché aérien → Modèle numérique de surface

Donner du relief aux photos



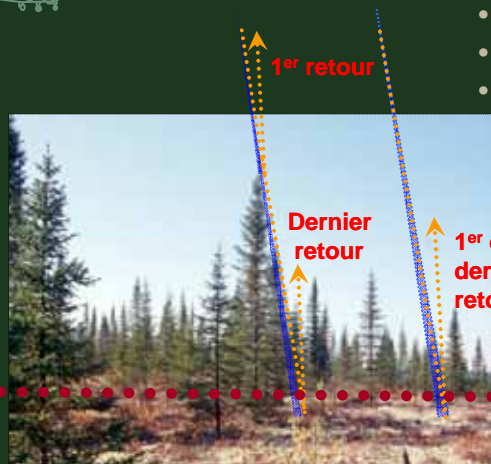
Secteur CMM – 22 cm printemps 2005



LIDAR (*Light Detection and Ranging*)



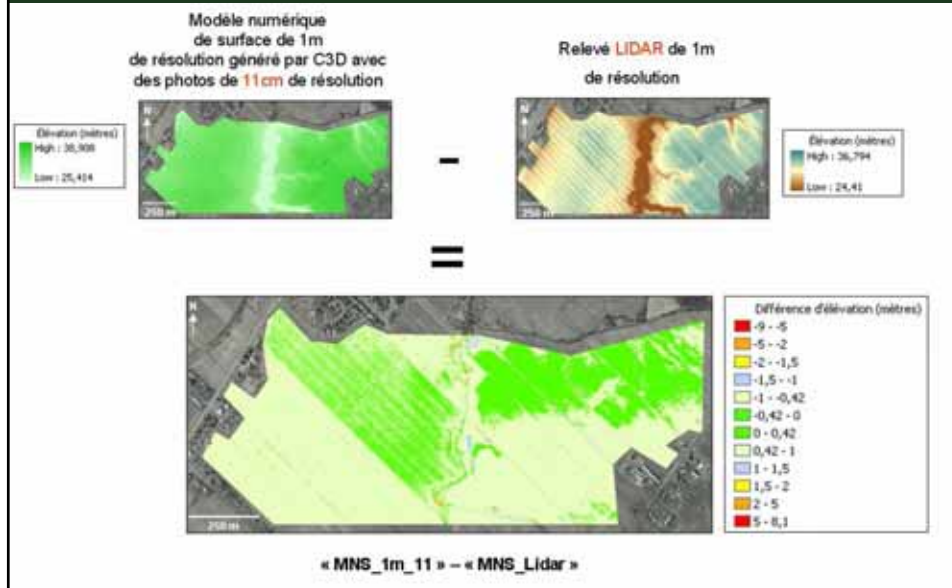
- 5-10 cm de précision altimétrique
- Balayage et réfraction laser
- Milieu découvert (printemps)
- En tests pour validation lors d'utilisation de planification nivellement par GPS



MNS (surface)

MNT (terrain)

LIDAR et Correlator 3D

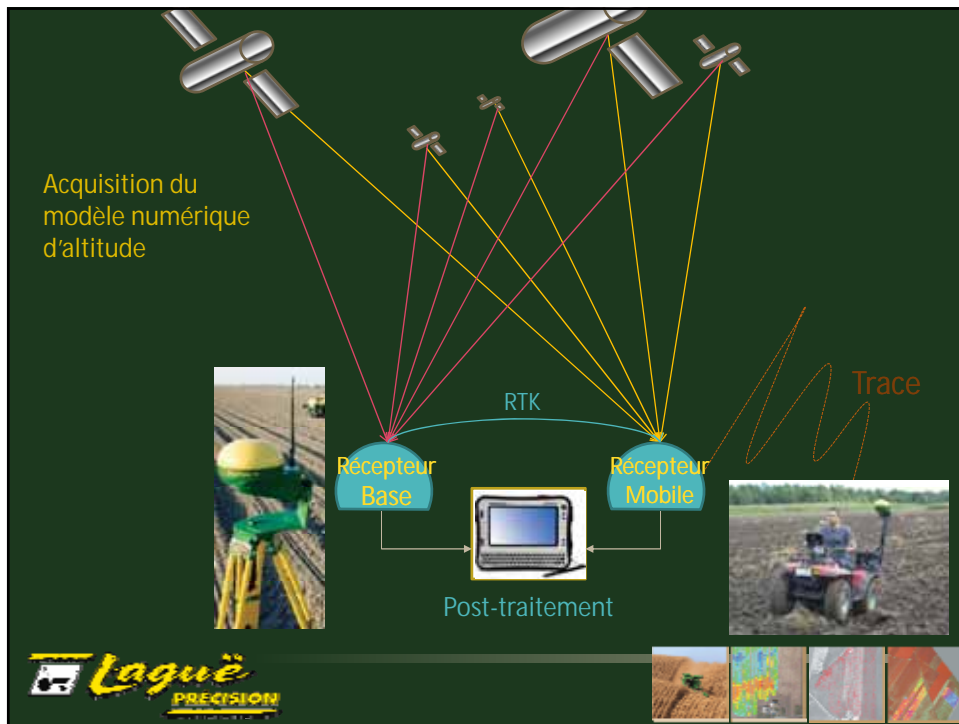


Relevés altimétriques avec systèmes de positionnement par satellites

Satellites

- *Global Positioning System / USA* ~ 38
- *Glonass / Russie* ~ 16
- *Galileo / Europe (test)* ~ 2
- *Compass / Chine (disp. locale Asie)* ~ 5
- Plus le nombre de satellites reçus par le systèmes est élevé, moins le risque d'avoir des périodes à faible précision est grand





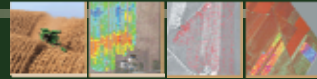
La précision altimétrique

- Atteindre une précision centimétrique
 - Signal de correction rapproché (3 km)
 - Installation d'une base de référence privée
 - Mobile (calibrer à chaque utilisation)
 - » Utilisation de points de contrôle
 - Fixe (position absolue)
 - Abonnement à un réseau de correction
 - Correction
 - En temps réel
 - En post-traitement



Rôle de la station de base

- Fixer sa position
 - Émettre un signal de correction différentiel (RTK) par onde radio ou serveur internet (cellulaire)
Ou
 - Enregistrer une correction (post-traitement)



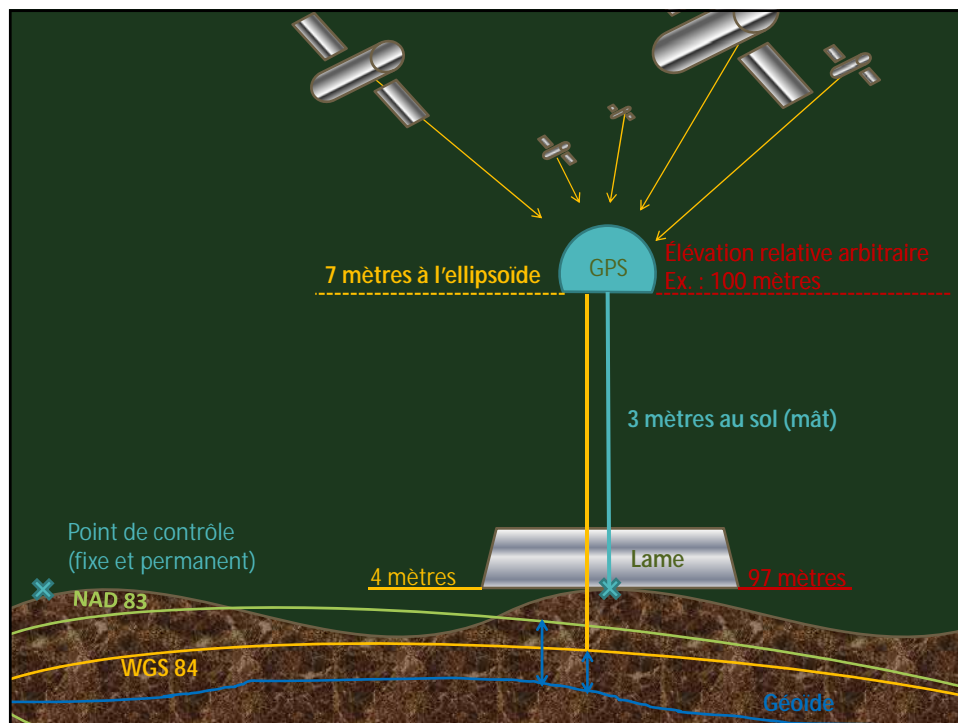
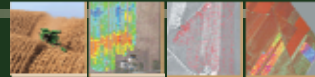
Post-traitement vs temps réel

- Base et mobile sont indépendants
- Corrections enregistrées par la base
- Les données du mobile sont corrigées plus tard
- Les corrections sont appliquées aux données
- Risque d'y avoir des manques (données rejetées)
- Pas besoin de communication entre la base et le mobile



Point de contrôle

- Point de contrôle
 - Équivalent à une borne géodésique privée
 - Point de référence physique permanent
 - Sert à relier les données de longitude, latitude et élévation au système de coordonnées locales
 - Essentiel pour ancrer un plan au milieu physique et atteindre la précision centimétrique
 - Permet éventuellement de relier un relevé à un autre référentiel



INTERPRÉTATION

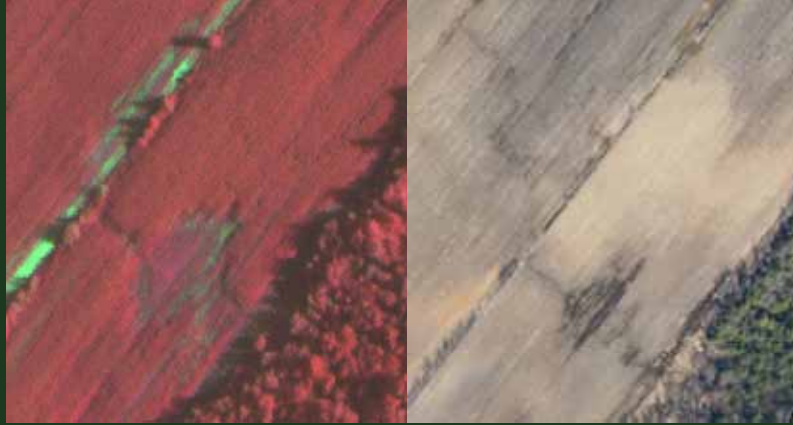


Un modèle décisionnel (territorial vs parcellaire)

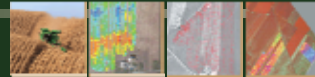
- Imagerie
 - Aérienne, drone, satellite, LIDAR, Correlator 3D
- Cartographie
 - Rendement
 - Fertilité « *grid* ou *smart sampling* »
 - Pédologie
 - Conductivité électrique
 - Modèle numérique d'altitude
- Modèle cartographique de décision (atlas)
- Liberté d'accès aux données (\$)
- En rapport avec l'objectif visé



Photo-interprétation



Repérage de l'érosion par photos aériennes, Mikael Guillou agronome, MAPAQ.

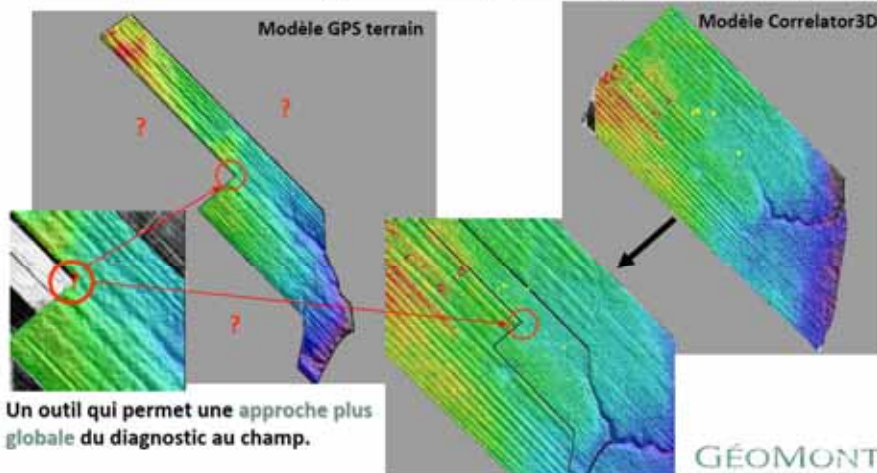


Perspectives



Bassin Versant - 28 janvier 2009 - Saint-Hyacinthe

Cas concret d'aide au diagnostic au champ (merci à Roger Rivest - MAPAQ)



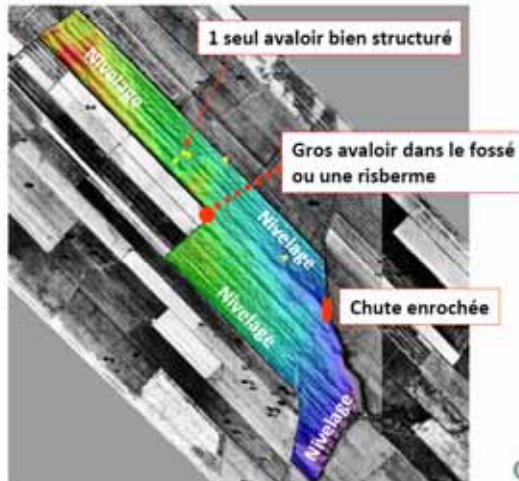
Perspectives



Bassin Versant - 28 janvier 2009 - Saint-Hyacinthe

Cas concret d'aide au diagnostic au champ (merci à Roger Rivest – MAPAQ)

Un outil d'aide à la décision dans la mise en place de solutions.



GÉOMONT
LA BIENNEAU 2 101 1000

Comment sera réalisé le travail

- L'acquisition du modèle numérique d'altitude
- Doit tenir compte de la finalité d'usage
 - Possibilité de caller la planification
 - Importance des points de contrôle
 - Les moyens utilisés pour réaliser le nivellement
 - = type de planification/logiciels utilisés
- Échelles horizontales et verticales
 - Bassin versant (micro/macro), parcelle
 - Ouvrages hydro-agricoles, nivellement, localisation



Approches de nivellement

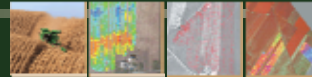
- GPS et laser
 - Autonome ou planification préalable
 - Plans inclinés (1-2 pentes)



- GPS Logiciels associés
 - AGPS Dirt Pro AGPS-Shape Pro*
 - AgGPS FieldLevel II AgGPS Multiplane
 - Topcon AGS-100 AgForm-3D
 - John Deere i-Grade Approche Laser
- Réalisation manuelle avec guidage GPS



* Peut importer designs Gradeplane, CAD ou autres



Options logicielles

- Gradeplane
- AgGPS Multiplane*
- **AGPS-Shape Pro***
- **AgForm-3D***

Tous présentent de l'intérêt pour la planification de nivellement laser

*Logiciels dédiés (systèmes de nivellement)



Comparatif de planification*

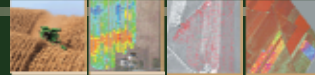
Réalisation	Laser/ GPS Simulation Laser	Travail de planification	Gradeplane	AgGPS Multiplane	AgForm-3D	AGPS-Shape Pro	Sol déplacé
1 Plan incliné simple pente	Oui		Oui	Oui	Oui	Oui	→
1 Section double pente	Oui	Léger	Oui	Oui	Oui	Oui	↘
Nombre limité de sections double pente	Oui Réajustement / reprogrammation - Intervention de l'opérateur	Léger à modéré selon les conditions et objectifs visés	Oui*	Oui*	Oui	Oui	↙
Nombre élevé de sections double pente	Oui* Laser - Fastidieux / i-Grade JD reprogrammations fréquentes - Opérateur expérimenté	Modéré à intensif selon les conditions et objectifs visés. Certains logiciel sont limités en nombre de sections			Oui*	Oui	↖
Changement continu des pentes	Non	Intensif selon les conditions et objectifs visés				Oui	←

*Les sections doivent être suffisamment grandes pour tenir compte de la dimension lame-tracteur
**Gestion des jonctions de sections difficile

Planification

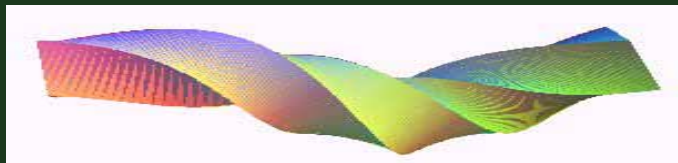


*Source/essais: Claude Lalongé



Pentes et contre-pentes

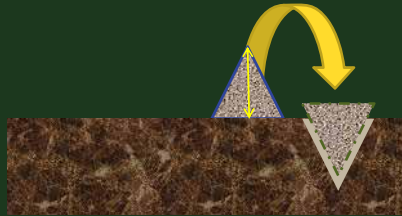
- Limite du laser = grand avantage exécution avec système GPS et travaux planifiés



- Le type de terrain détermine aussi le type d'outil de nivellement et de planification



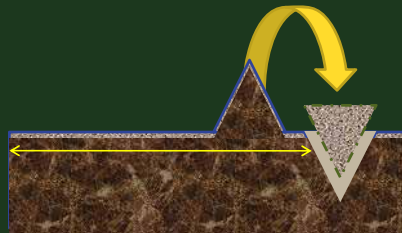
Approches de nivellement



Coupe maximale / Distance minimale

(Principe laser – GPS simulation laser)

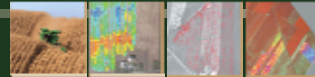
- Transports de sol sur courte distance
- Coupe de sol importante
- Reprises de rendement peuvent être hypothéquées



Coupe minimale / Distance variable

(Jonctions de sections multiples, courbe verticale)

- Coupe de sol diminuée
- Transports de sol sur plus grande distance
- Reprises de rendement améliorées



Critères à prendre en compte

- Le volume de terre déplacée
- La distance à parcourir entre les zones de remblai/déblai
- La profondeur maximale de coupe
- Les pentes minimales et maximales
- Le sens du travail du sol
- Les accidents du terrain
- Les ouvrages hydro-agricoles
- Les objectifs du producteur



Rentabilité de la planification

- Nivellement : 80 –120 m³/heure
90 \$/heure, soit 1 \$/m³ (en gros)
- Planification : 3,5 heures en moyenne
50 \$-75 \$/heure, soit 250 \$/champ
- Réduction du volume à déplacer : 40 %
(Technologie de la Courbe verticale)
 - Exemple : 350 m³/ha vs 200 m³/ha = réduction de 150 m³/ha
- La planification se rentabilise à moins de 2 hectares



Budget

15 ha sans planification

400 m³/ha

400 \$/ha * 15 = 6000 \$

6000 \$

Économies de 1900 \$
Soit 125 \$/ha

15 ha planifiés

250 m³/ha (37 %)

250 \$/ha * 15 = 3750 \$

Planification 250

Acquisition MNT 100

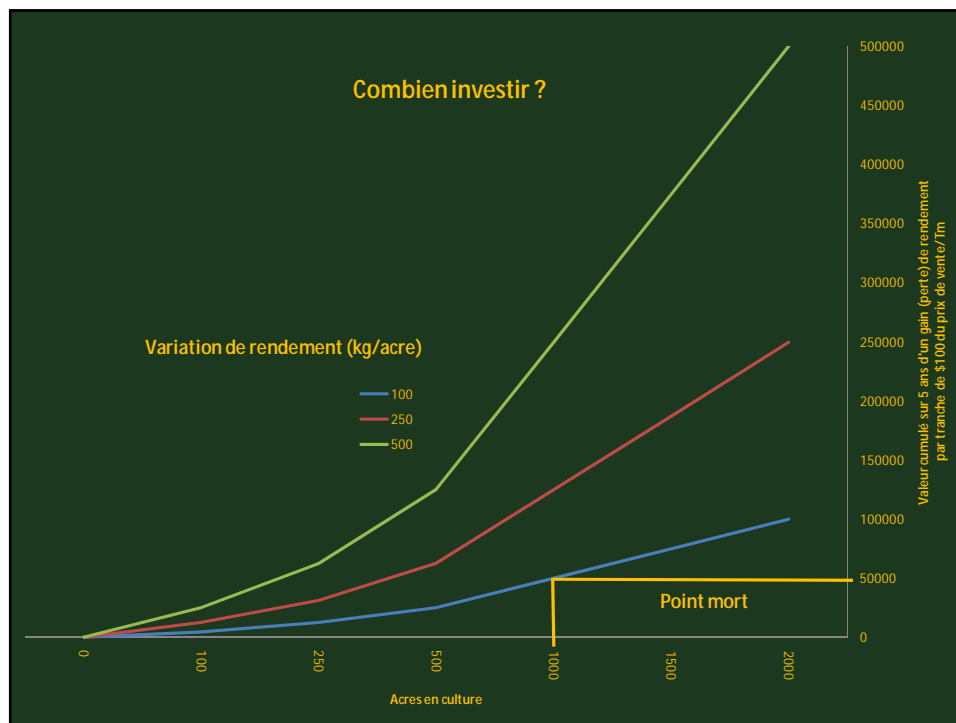
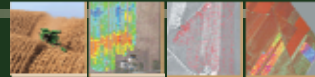
4100 \$

Coupes moins profondes

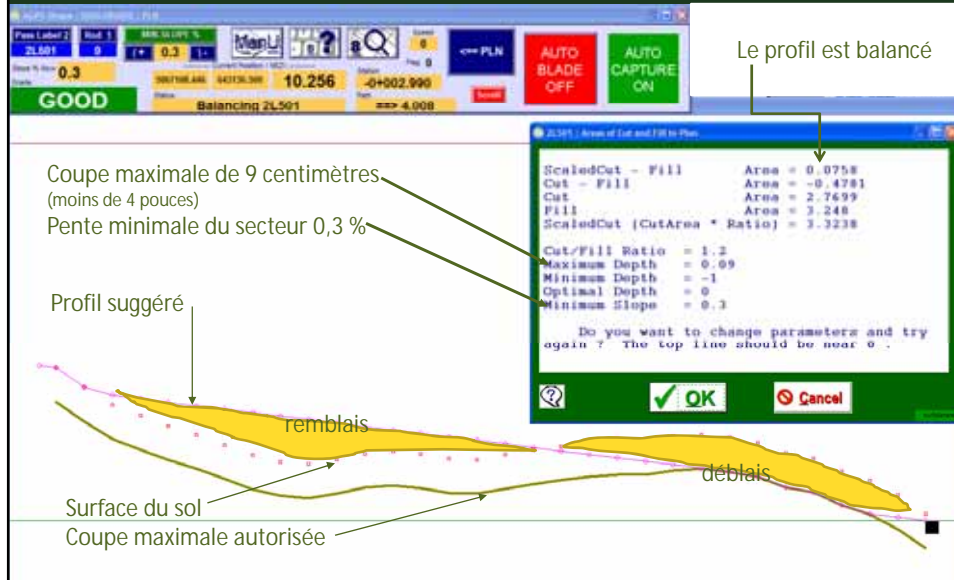


Rentabilité du nivellement

- La planification se justifie facilement
- Mais le nivellement coûte 275 \$/ha
 - Sur 5 ans 55 \$/ha
 - Supposons du maïs à 150 \$/tm
 - 0,35 tm/ha représente le seuil de rentabilité
 - 3-4 % du rendement moyen en Montérégie
 - 140 kg/acre



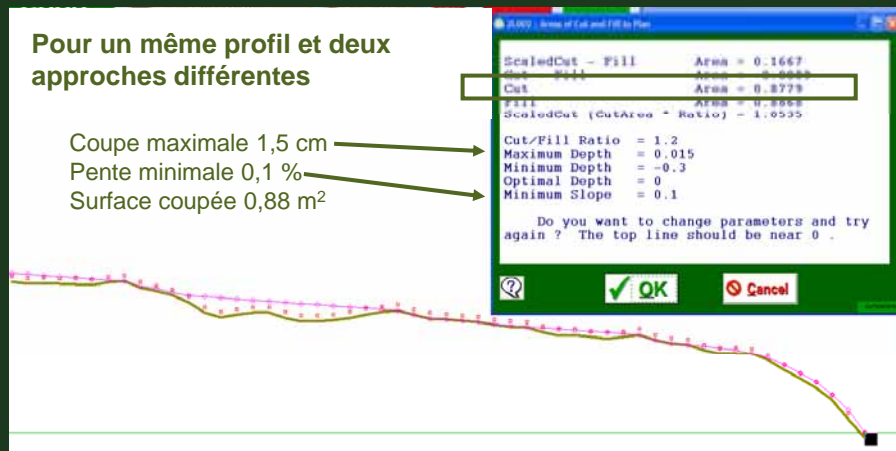
AGPS « Vertical Curve Technology™ »



AGPS « Vertical Curve Technology™ »

Pour un même profil et deux approches différentes

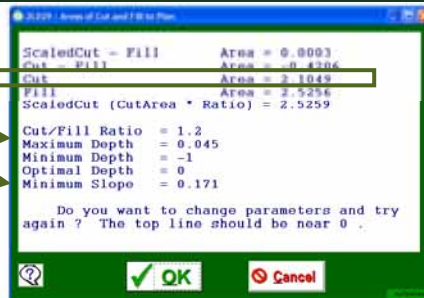
Coupe maximale 1,5 cm
 Pente minimale 0,1 %
 Surface coupée 0,88 m²



AGPS « Vertical Curve Technology™ »

Pour un même profil et deux approches différentes

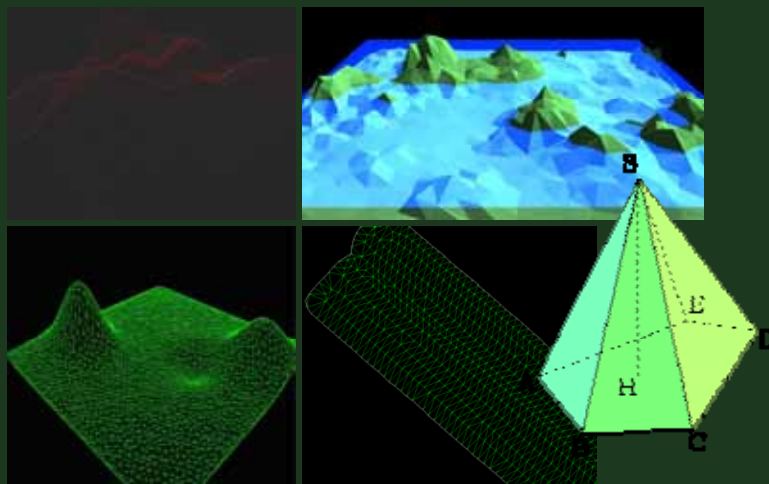
Coupe maximale 4,5 cm
Pente minimale 0,171 %
Surface coupée 2,1 m²



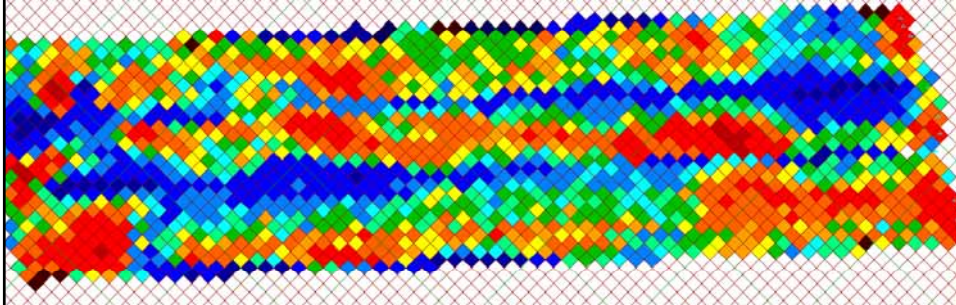
2,4 X plus de sol déplacé!



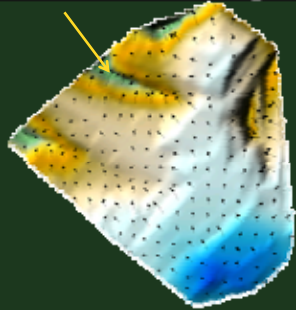
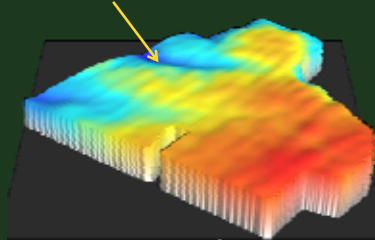
Triangulation, pentes et volumes



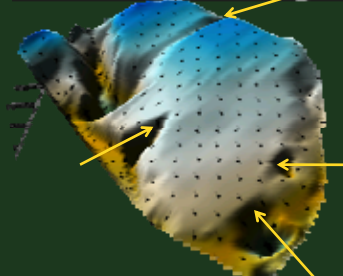
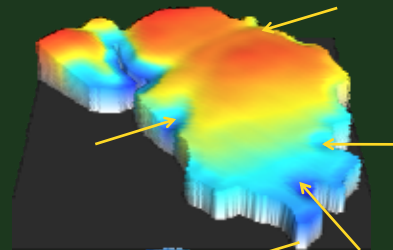
Coupe et remblais



Conserver et modeler une rigole



Harmoniser avec des enrochements



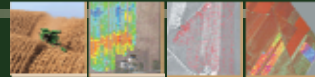
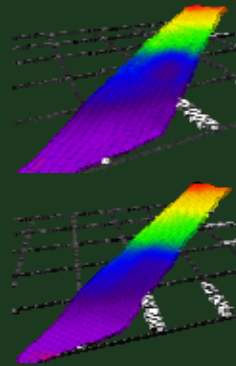
Laser?



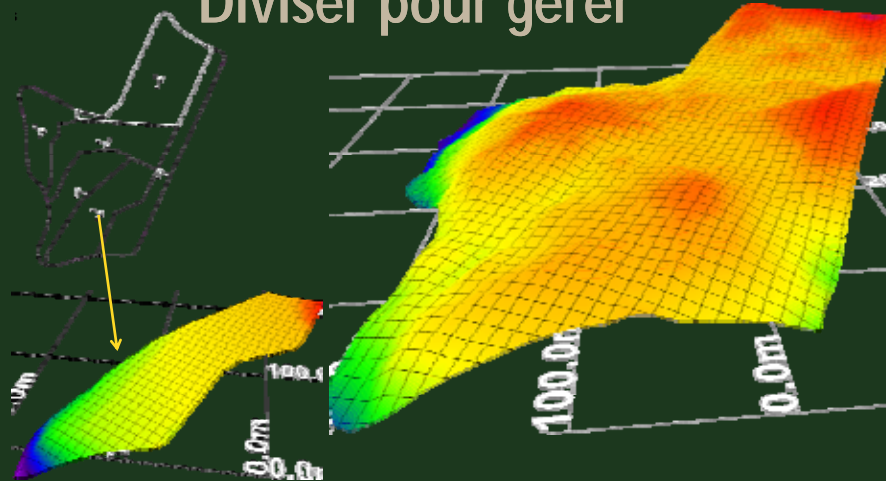
AgForm-3D

Piece Wise Continuous Surface

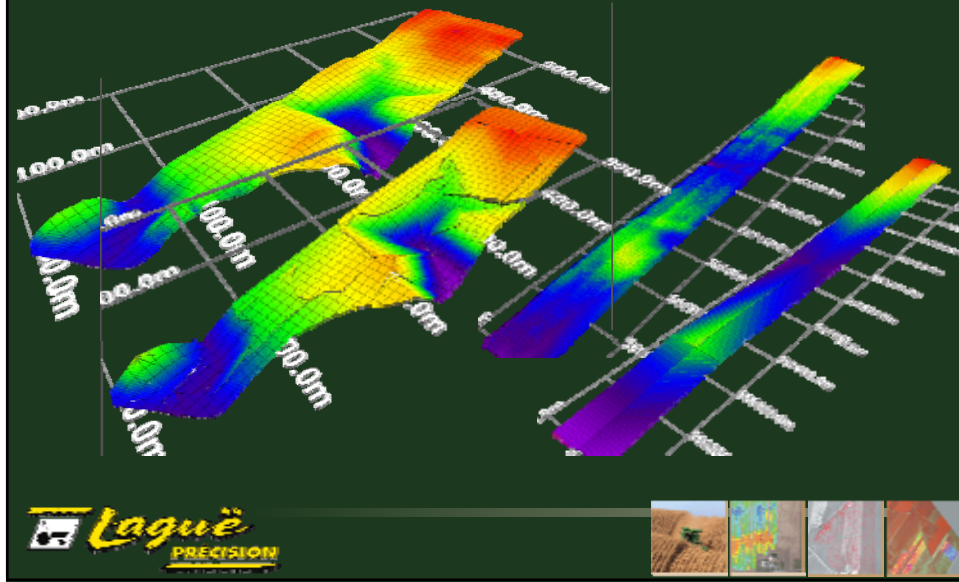
- Selon la complexité
 - Travail par sections
 - Découpage en fonction des versants
 - Contrôle 2 pentes
 - Paramètres de bordure



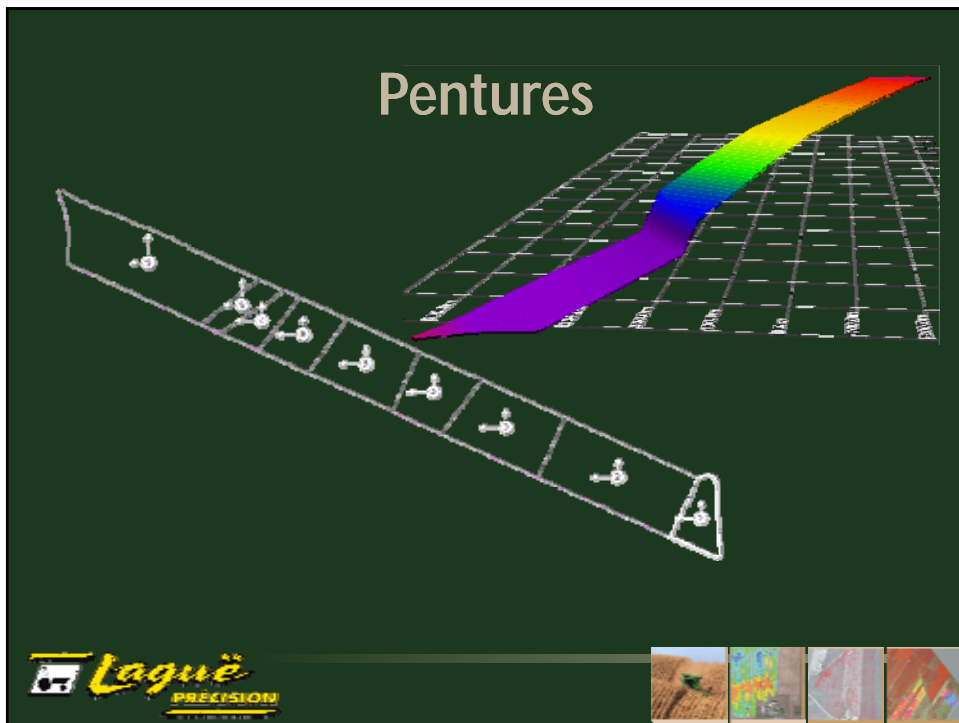
Diviser pour gérer

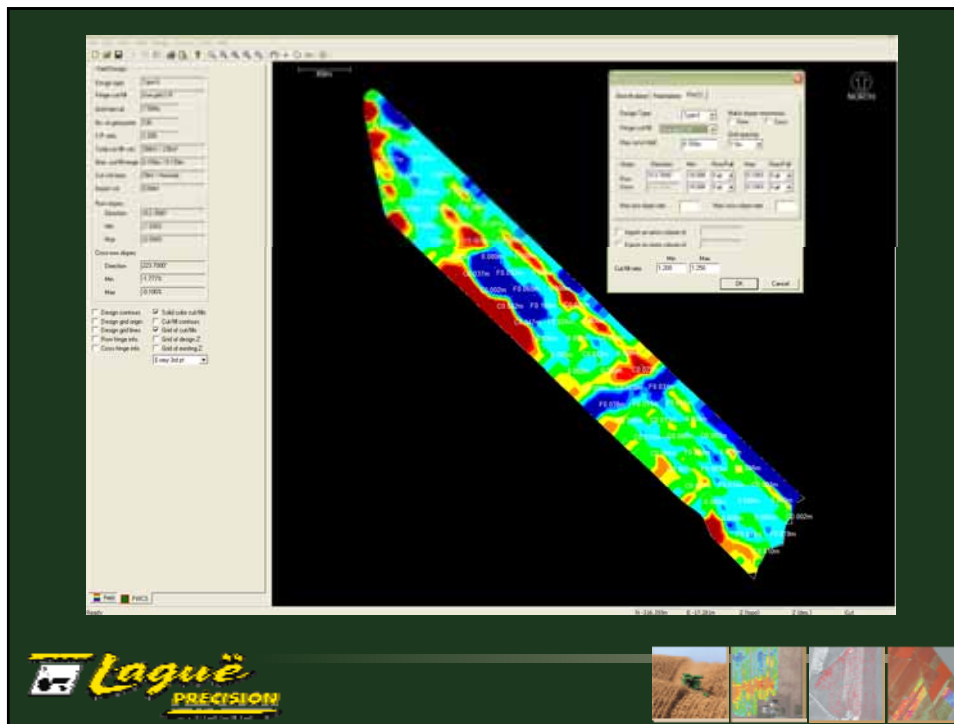


Plans inclinés multiples



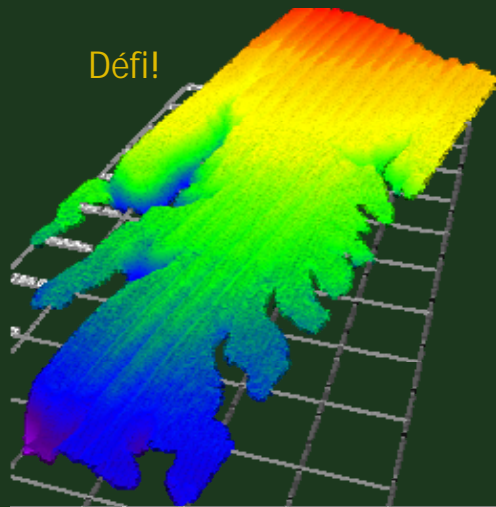
Pentes





Pentes et contre-pentes

Défi!



- AGPS Shape-Pro
 - Plus long
 - Plus complexe
 - Plus de contrôle
 - Approche drains
- AgForm 3D
 - Plus rapide
 - Plus simple
 - Plus de compromis
 - Approche laser

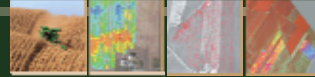


APPLICATION



Vers un système fonctionnel

Connaître-Comprendre-Contrôler



Réflexion



Cet homme inventa en 1701
une machine permettant
d'augmenter la récolte jusqu'à
800%.

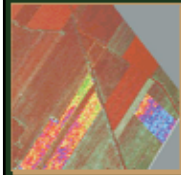
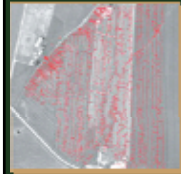
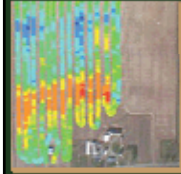
L'appareil creusait un trou à
une profondeur spécifique, en y
déposant une graine et en
recouvrant le tout à la fin de
l'opération.

Jusqu'où iront-elles?

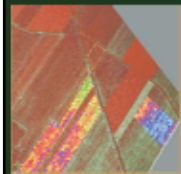
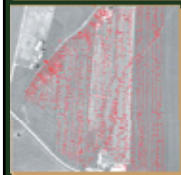
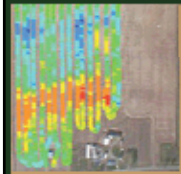


Cultivé avec fierté





MERCI...

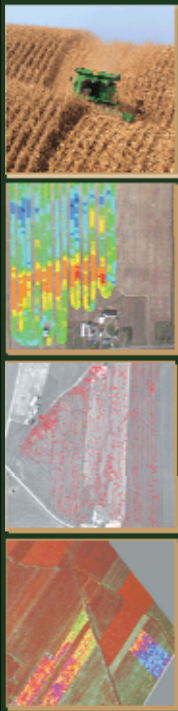


Période de questions

Bruno Bouchard, ing.
Laguë Précision


Remerciement spécial :
Claude Lalongé, agronome
Consolag





Géomatique et intervention à l'échelle du territoire

Richard Lauzier
MAPAQ
IRDA

 Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec
CRAAQ L'expertise en géomatique agricole
et d'agriculture de précision

Plan de la présentation

- Le projet Lisière Verte
- Production de cartes du territoire
- Production de plans de fermes
- La prise d'images multispectrales et les applications
- La prise de données LIDAR et ses applications
- Production d'un atlas pour les producteurs
- Conclusion

Projet Lisière Verte

Pour gagner la lutte à la pollution
diffuse d'origine agricole

Richard Lauzier, MAPAQ





Proposition d'une approche efficace de lutte à la pollution diffuse dans le bassin versant de la rivière aux Brochets

- Mettre en retrait les superficies les plus à risque
- Installer des bandes riveraines en foin récoltable
- Favoriser les pratiques agricoles de conservation dans les champs

Les secteurs d'intervention ciblés



Secteur 1

Pelletier,
Granger,
Castor et
Petit Ruisseau

Secteur 2

Ewing

Pose d'avaloirs dans les fossés, lignes
de lot, entre-planches arrondies



Ensuite, préparation du terrain

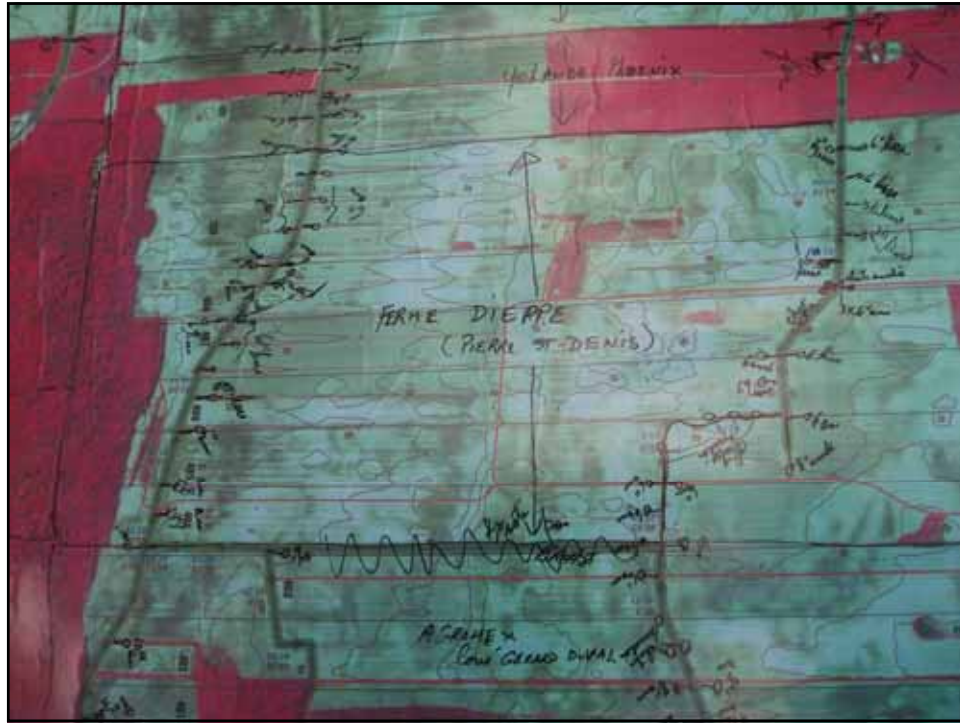


Et enfin, semis de plantes pérennes



Production de cartes

- Délimiter les limites du bassin versant
- Identifier les propriétaires et mieux identifier comment ils cohabitent
- Indispensable pour avoir une vision plus large, plus englobante
- Dans la cas du projet, l'outil de base quotidien en marchant le terrain, en parlant avec les proprios



Deuxième niveau d'utilisation de la géomatique

IMAGERIE MULTISPECTRALE

LIDAR

Survol	31 mai 2006 (2000 m)	28 mai 2006 (1200 m)
Appareil	Duncan MS-3100 3 longueurs d'onde : - vert - rouge - proche infrarouge	LIDAR ALTM 2050 (<i>Light Detection and Ranging</i>)
Données	420 images 66 cm de résolution Orthorectification par Lasemap image Plus 2 mosaïques : Ewing et portion du walbridge	175 millions de points interpolés pour faire un modèle numérique d'élévation (microtopographie du Ewing)

IMAGERIE MULTISPECTRALE

- 16 signatures spectrales, caractérisant 8 cibles différentes (sol nu, prairie, etc.) prélevées à l'aide du spectroradiomètre ASD FR Jr de l'Université de Sherbrooke (pour obtenir des réflectances)
- Des composés colorés de fausses couleurs ont été enfin constitués pour afficher des images multibandes (ainsi, la végétation apparaît en rouge, le sol en bleu vert avec variations selon sa couleur, sa texture, sa structure et son humidité. Ultimement, ces images permettent de localiser les zones hydrologiquement actives, qui restent humides plus longtemps, ce qui les rend plus propices au ruissellement

IMAGERIE MULTISPECTRALE

- Ainsi, à l'aide des images multispectrales, il est possible de calculer un indice d'égouttement du sol qui permet d'identifier les zones les moins productives des champs qui sont également vulnérables au ruissellement, à l'érosion et aux exportations de nutriments
- Afin de réduire l'intensité du ruissellement de surface et de prévenir la contamination diffuse, des corrections devraient être apportées (Prime Vert?)

Images multispectrales - *Composé fausses couleurs*



Composé fausses couleurs

PIR → rouge
Rouge → vert
Vert → Bleu

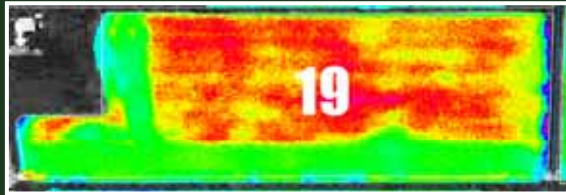
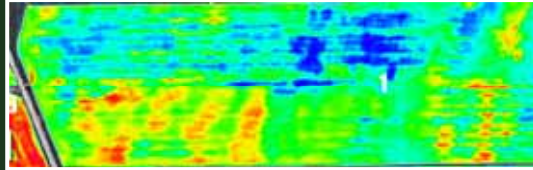


Les images numériques multispectrales en support au diagnostic de l'égouttement

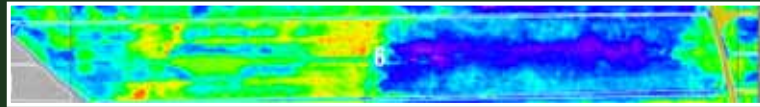
INDICE DE BRILLANCE

Secteur Ewing

Champ avec un système de drainage efficace dans sa partie sud et non efficace dans sa partie nord



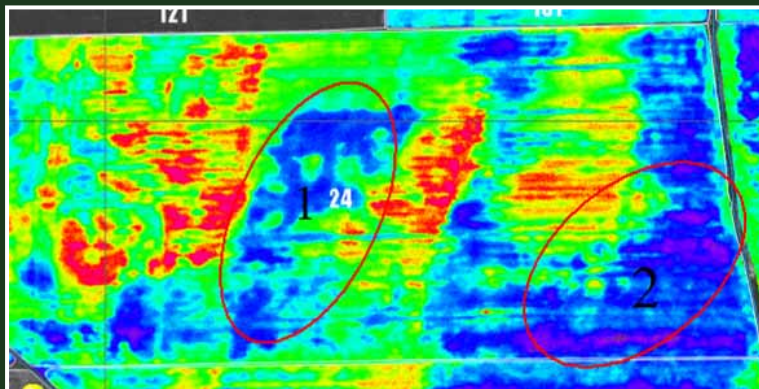
Champ avec une zone non drainée en vert et une zone drainée en rouge



Champ drainé sur la partie gauche et non drainé sur la partie droite

Les images numériques multispectrales en support au diagnostic de l'égouttement

INDICE DE BRILLANCE

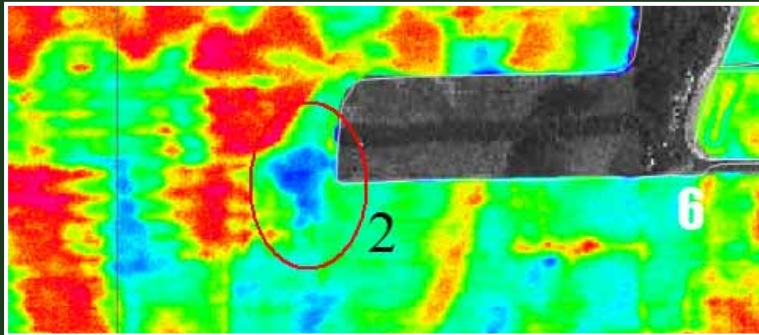


Zone 1 à texture argileuse lourde et zone 2 sur sol organique

Secteur Ewing

Les images numériques multispectrales en support au diagnostic de l'égouttement

INDICE DE BRILLANCE



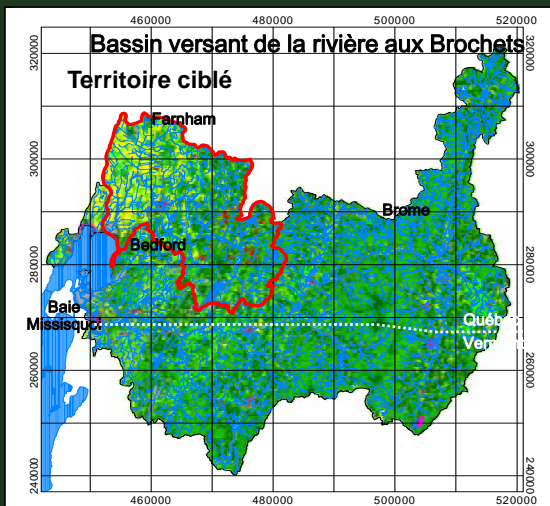
Zone avec un fort problème d'égouttement

Secteur Ewing

... La prévention de la contamination diffuse en milieu rural
Un système efficace et rentable de traitement à la source...

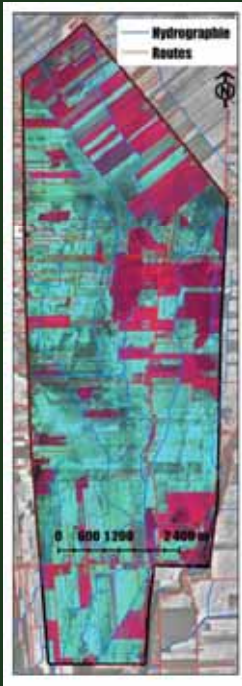


Photos : Richard Lauzier, 2007



Les images numériques

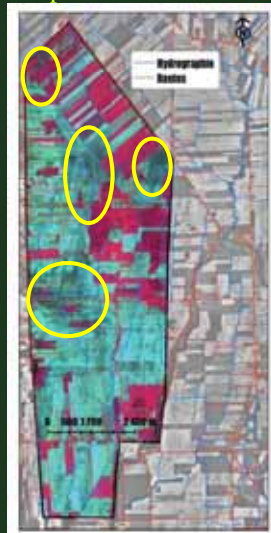
Diagnostic de l'égouttement



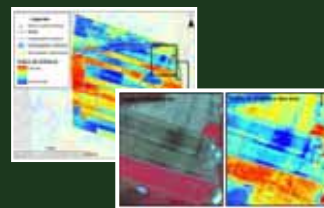
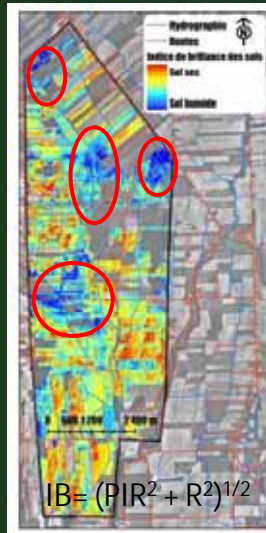
Les images numériques multispectrales en support au diagnostic de l'égouttement

INDICE DE BRILLANCE DES SOLS

Composé fausses couleurs

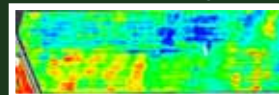


Indice de brillance



Secteur Fourchette

Secteur Ewing



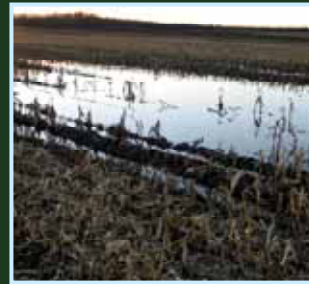
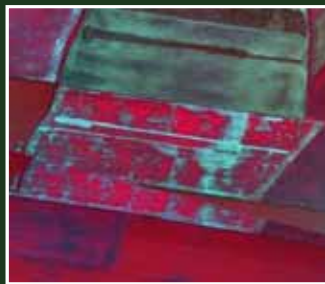
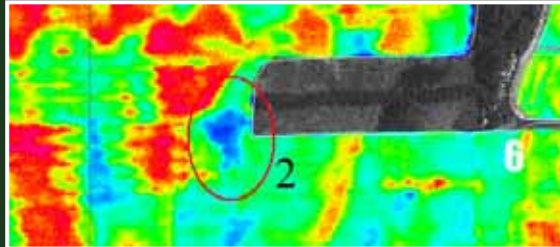
Champ avec un système de drainage efficace dans sa partie sud et non efficace dans sa partie nord

ÉROSION – RUISSELLEMENT – ÉGOUTTEMENT QUALITÉ DE L'EAU PRODUCTIVITÉ DES CULTURES **DES ENJEUX INTERRELIÉS**

Secteur Ewing

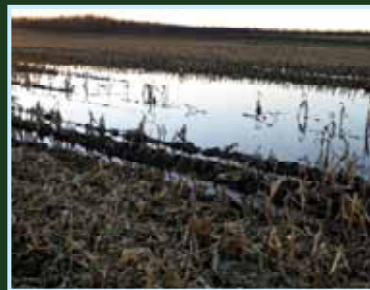
INDICE DE BRILLANCE

Zone avec un
fort problème
d'égouttement



Contexte hydrologique : *origine des processus d'érosion*

Ruissellement = F (Saturation du sol)

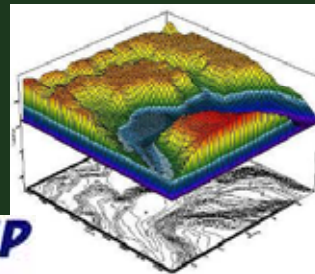
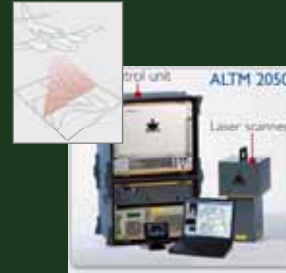


Les relevés altimétriques

LiDAR

Light Detection and Ranging

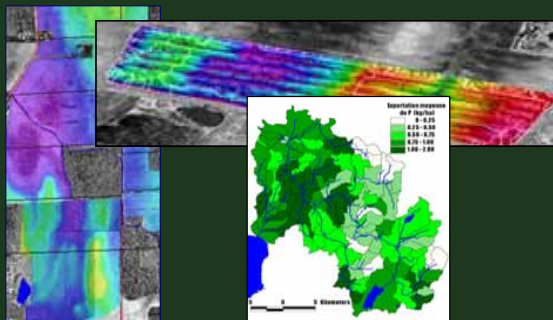
- Aéroporté
- Technologies GPS et laser
- Précision : 5 - 15 cm
- Relevés très denses
- Rapide
- Possibilité de couvrir de grands territoires



LASERMAP
IMAGE PLUS

Des outils à référence spatiale complémentaires dans le diagnostic de l'érosion

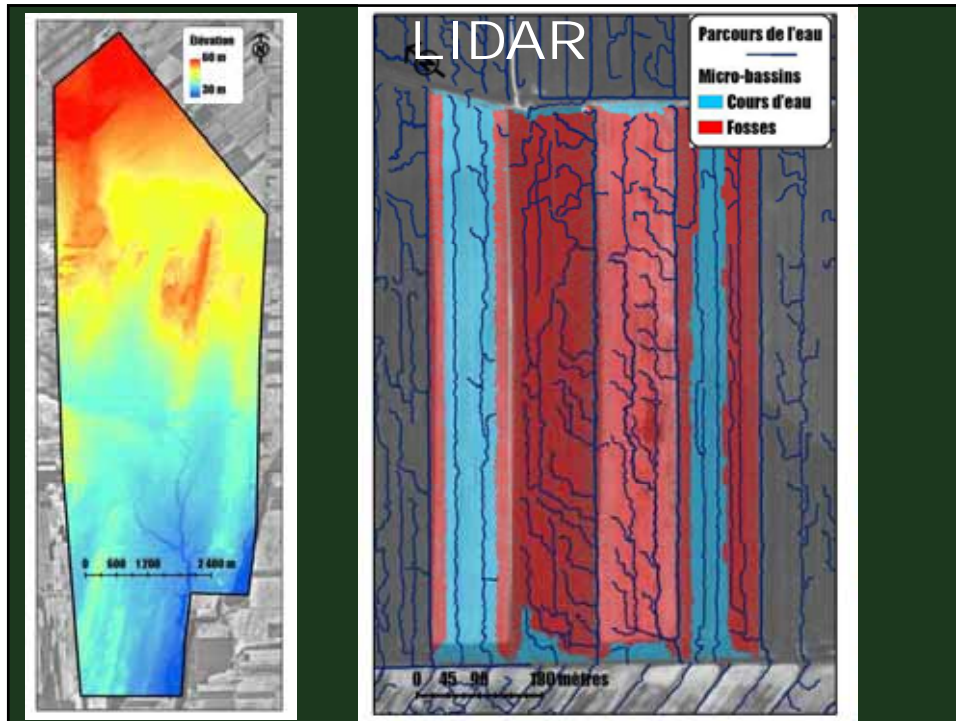
- *Les images*
- *Les relevés altimétriques*
- *Les indices et les modèles hydrologiques*



Et des applications...

Besoins et particularités du milieu agricole

- Échelle intra-parcellaire
- Précision des données
- Coûts
- Utilisateurs de tous les niveaux en géomatique



Microtopographie

LIDAR
(*Light Detection and Ranging*)

- ❖ Bases : technologies GPS et laser aéroporté (1200 m altitude)
- ❖ Précision : 5 - 15 cm
- ❖ Densité : 1 point / 0,25 m²
- ❖ Rapide
- ❖ Possibilité de couvrir des grands territoires

GPS

- ❖ Bases : technologies GPS
- ❖ Montés sur VTT
- ❖ Une base fixe et un GPS mobile
- ❖ Précision : centimétrique
- ❖ Fenêtre de couverture limitée par les cultures

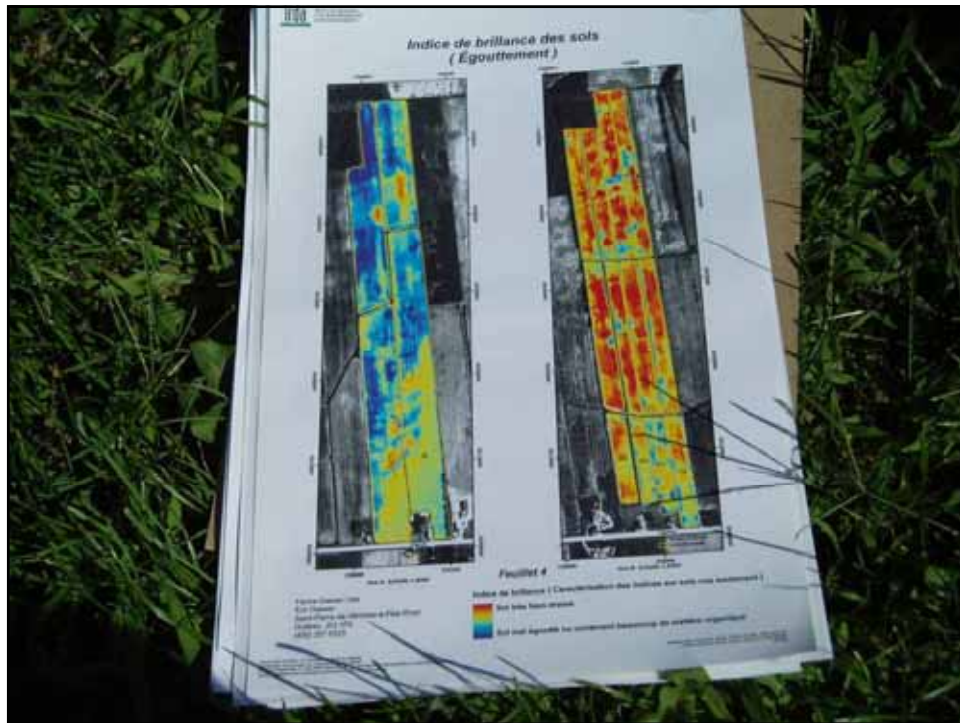
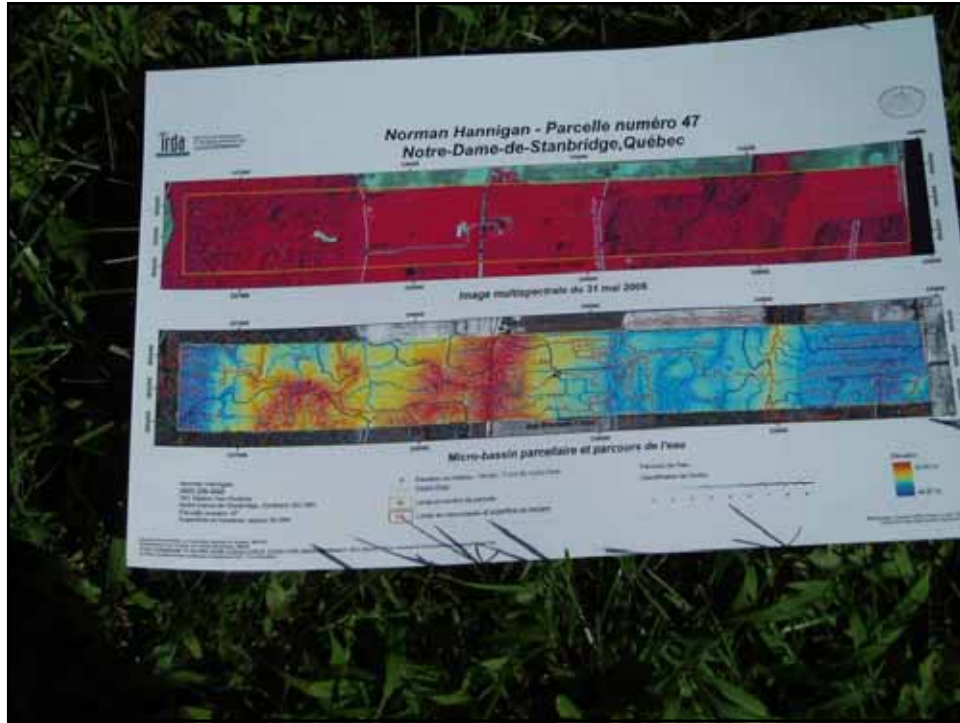


Tableau 4 - Pourcentages des indicateurs des problèmes d'égouttement

Indicateurs de problèmes d'égouttement	Oui	Non
Flaques persistantes après une précipitation	49 %	51 %
Entrée tardive ou retardée au champ	43,8 %	56,2 %
Circulation difficile, ornières profondes	61,3 %	38,7 %
Rendement des cultures plus faible ou inégal	90,7 %	9,3 %
Maturité tardive ou inégale des cultures	55,7 %	44,3 %

Source : Évaluation des outils de gestion du territoire et du parcellaire dans un cadre opérationnel d'action concertée sur la qualité de l'eau, IRDA et Dura-Club, mars 2009

Tableau 5 - Pourcentages des réponses aux différentes causes probables des problèmes d'égouttement en rapport avec le relief et le parcours de l'eau

Causes probables	Oui	Non
Présence de dépressions	88,1 %	11,9 %
Rigoles aménagées à l'automne pour drainer les dépressions	7,7 %	92,3 %
Importante superficie contributrice	17 %	83 %
Parcours de l'eau très long (700 m et plus)	9,3 %	90,7 %
Cassé de pente	22,2 %	77,8 %
Pente longitudinale ou latérale supérieure à 3 %	9,8 %	90,2 %
Absence de drainage souterrain	21,6 %	78,4 %
Drainage souterrain inefficace	25,3 %	74,7 %
Cours d'eau pas assez profond	22,2 %	77,8 %

Source : Évaluation des outils de gestion du territoire et du parcellaire dans un cadre opérationnel d'action concertée sur la qualité de l'eau, IRDA et Dura-Club, mars 2009

Tableau 7 - Utilisation des pratiques culturales par les producteurs pour diminuer le taux d'exportation du phosphore

Type de pratique	Adoptée	Envisagée	Non envisagée
Épandage en postlevée	13 %	21,8 %	65,2 %
Culture sur résidus (sans labour)	47,8 %	34,8 %	17,4 %
Cultures alternatives	-	26,1 %	73,3 %
Céréales à paille	52,1 %	26,1 %	21,8 %
Culture de couverture – associée	8,7 %	21,7 %	69,6 %
Culture de couverture – dérobée	34,8 %	52,2 %	13 %
Foin	43,5 %	-	56,5 %
Panic érigé	60,9 %	26,1 %	13 %

Source : Évaluation des outils de gestion du territoire et du parcellaire dans un cadre opérationnel d'action concertée sur la qualité de l'eau, IRDA et Dura-Club, mars 2009

Les indices et modèles hydrologiques

Indexation des pertes de sol – Utilitaire ODEP

Intrants

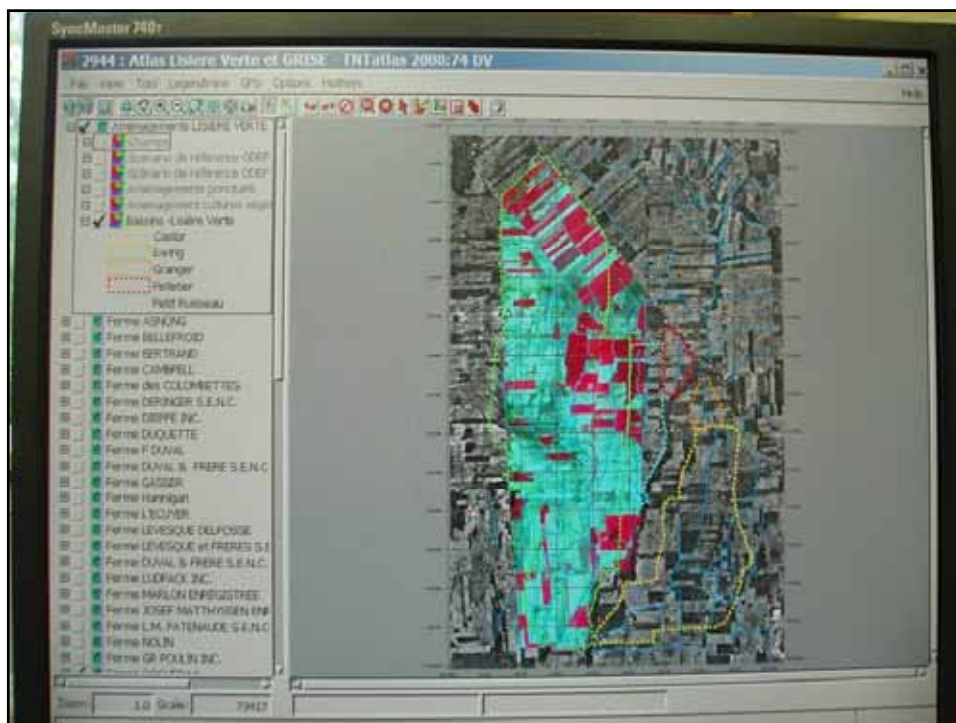
Outil de Diagnostic des Exportations de Phosphore

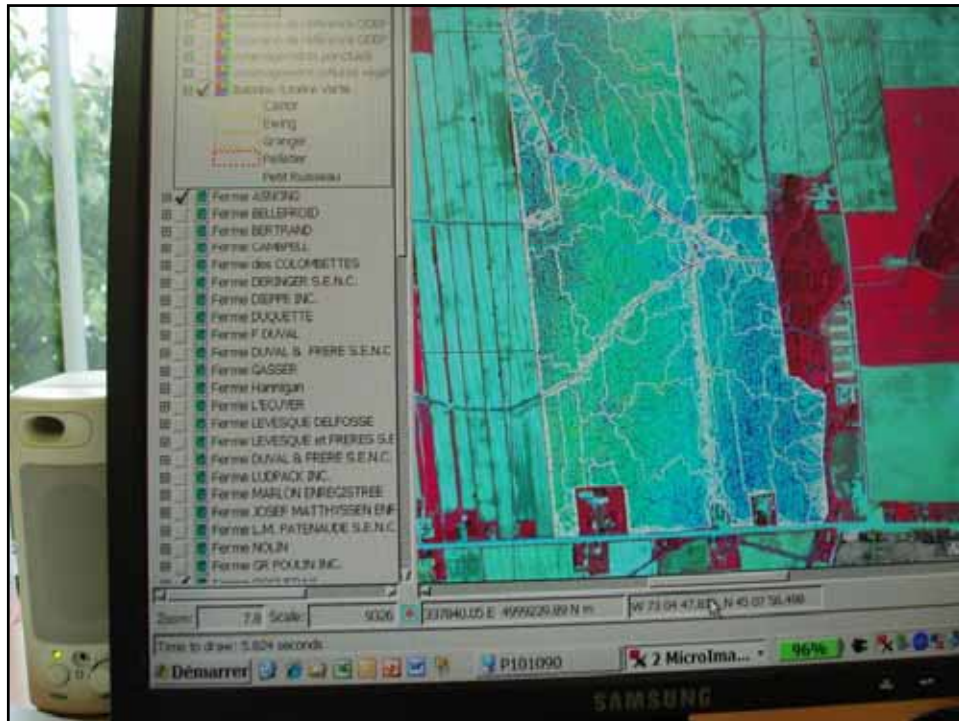
The screenshot displays the 'EXPLOITATION' section of the ODEP diagnostic tool. It includes several input fields for 'Modification du Post-traitement', 'L'année de l'exploitation', and 'Mise à jour des entrées et de résultats pour des ensembles de champs'. A central map shows a field with yellow and green markers. Below the map, there are sections for 'Mise à jour des entrées et de résultats pour des ensembles de champs' and 'Mise à jour des entrées et de résultats pour des ensembles de champs'. The bottom right section is titled 'Mise à jour des entrées et de résultats pour des ensembles de champs' and contains various data entry fields and a 'Calculer et exporter les données' button.

<http://www.irda.qc.ca/services/type/1.html>

Production d'atlas électronique du projet

- Très utile pour gestionnaires de projet à l'échelle du territoire et agriculteurs
- On y retrouve des onglets pour les # de lots, les drains, le chaînage des cours d'eau, l'élévation des cours d'eau, la profondeur, la pente, les courbes de niveau LIDAR, dimensionnement des micro-bassins, calcul de l'érosion annuelle moyenne, l'indice de brillance, etc.



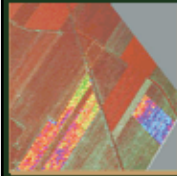
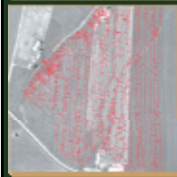
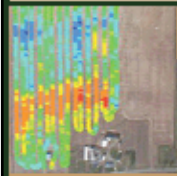


En résumé

- Les différents outils géomatiques peuvent être très utiles pour la conduite de projets à l'échelle du territoire
- Constatation : peu d'agriculteurs ont la maîtrise suffisante de l'informatique pour bien utiliser ces outils
- Il y a encore des développements à faire avec ces outils (nivellement)
- Il faut quand même aller au champ

Remerciements

L'équipe en géomatique d'Aubert Michaud,
de l'IRDA, Ivana St-Laurent, Arianne Drouin,
Julie Deslandes et, en particulier, Isabelle
Beaudin



MERCI...

 Agriculture and Agri-Food Canada / Agriculture et Agroalimentaire Canada



Perspectives d'application localisée d'herbicides au Québec

Bernard Panneton, Ph.D., ing.
Centre de R&D en horticulture, Saint-Jean-sur-Richelieu

Louis Longchamps (étudiant Ph.D., U. Laval)
Marie-Josée Simard, Ph.D. (AAC – Québec)
Gilles D. Leroux, Ph.D. (U. Laval)



Pesticides dans le maïs et le soya

- En 2010
 - 360 000 ha en maïs
 - 267 000 en soya
 - Montérégie et Centre-du-Québec : 455 600 ha (73 %)
- Herbicides sur environ ~ 95 %



Pertes de rendement sans herbicides

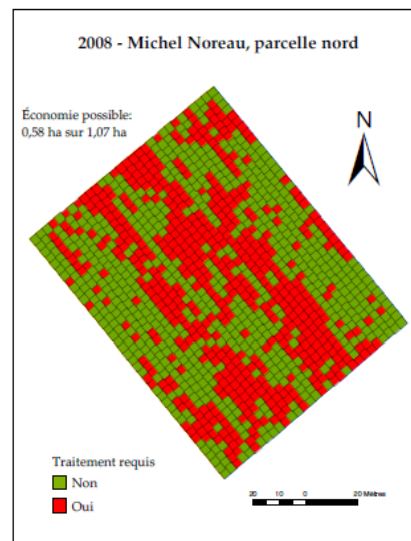
	MAÏS		SOYA	
	% si 1 plante/m ²	% si 5 plantes/m ²	% si 1 plante/m ²	% si 5 plantes/m ²
Dicotylédones annuelles				
Grande herbe à poux	13	36	14	40
Chénopode blanc	12	35	13	38
Amarante	11	34	12	36
Lampourde	6	22	15	41
Herbe à poux	5	21	10	33
Moutarde des champs	5	18	5	20
Abutilon	4	15	6	23
Renouée persicaire	3	13	4	15
Renouée liseron	2	10	4	15
Morelle noire de l'Est	2	7	14	40



<http://www.omafr.gov.on.ca/french/crops/pub75/1critica.htm#tablec>

Traitement localisé des mauvaises herbes

- Distribution des mauvaises herbes en îlots¹
- Potentiel de réductions des herbicides de 50 % ou plus²
- Besoin d'outils pour détecter les îlots de mauvaises herbes!



¹ Perry *et al.*, 2000

² Timmermann *et al.*, 2003

Agriculture de précision, cartographie

1. Arpentage du champ avec GPS

2. Analyse des données

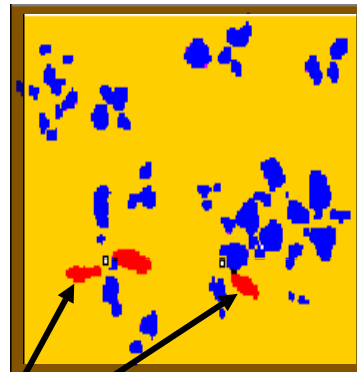
3. Production d'une carte
de pulvérisation

4. In
pu



Capteurs optiques, trois approches

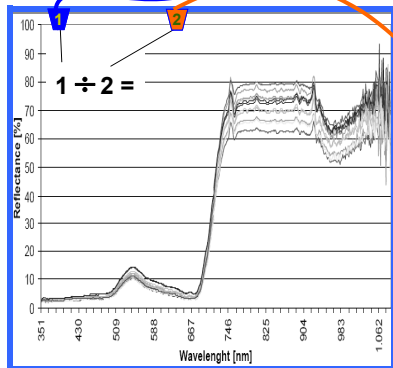
1. Vision artificielle



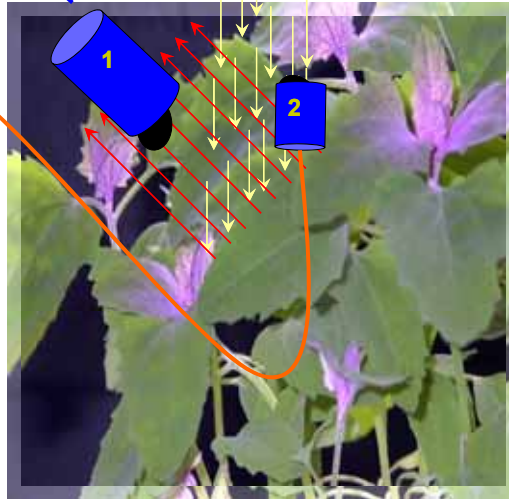
Tomates

Capteurs optiques, trois approches

2. Réflectance



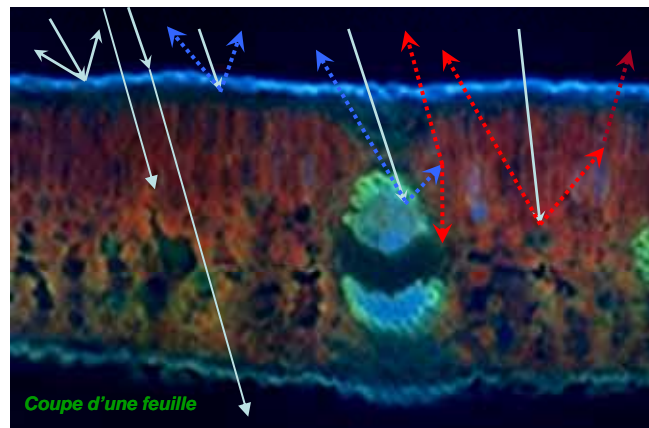
Laudien et al., 2003



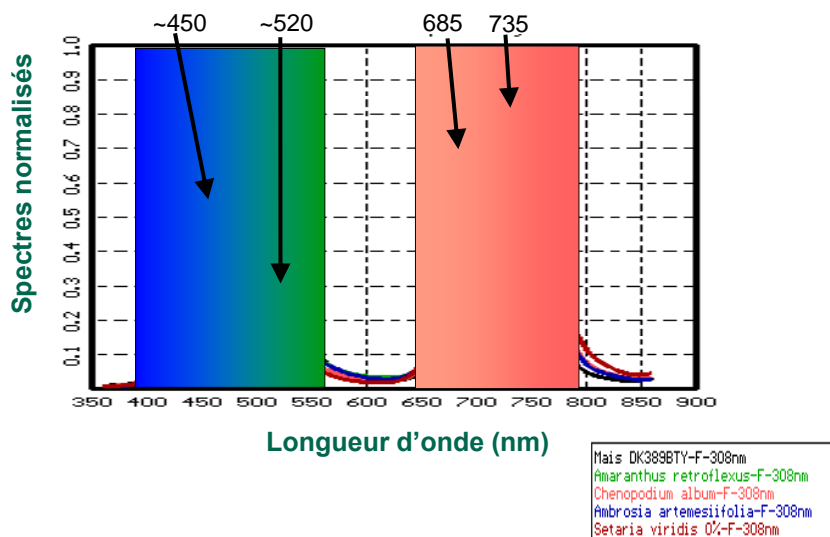
Moshou et al., 1999

Capteurs optiques, trois approches

3. Fluorescence

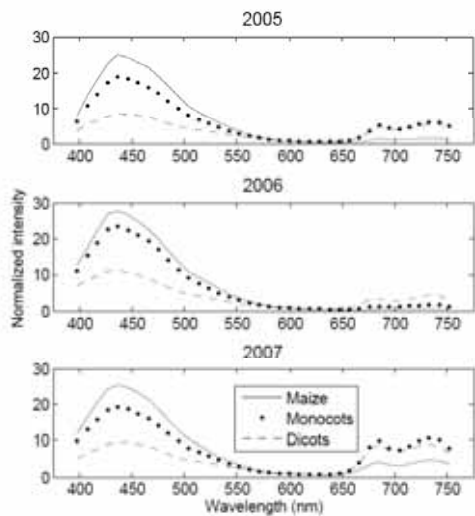


Spectre de fluorescence induite par UV



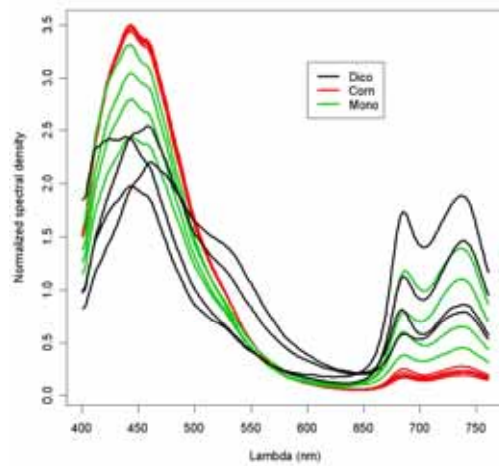
Spectres moyens – 3 groupes

- En moyenne, les spectres des 3 groupes sont distincts
- Mais domine en BGF
- ChIF plus variable d'une année à l'autre



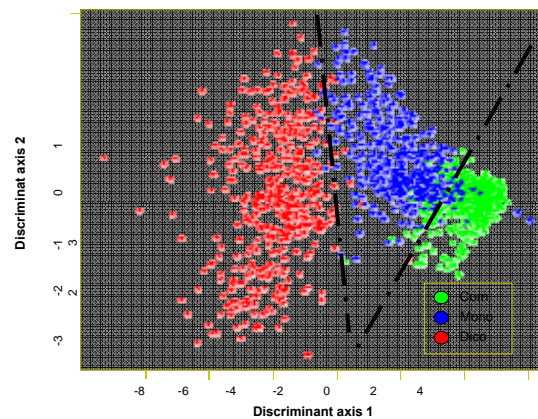
Spectres moyens par espèces ou hybrides

- Mais forme un groupe bien distinct
- Le dicots se distinguent clairement du maïs
- Les monocots peuvent se confondre avec le maïs ou les monocots



Classification basée sur la fluorescence par PLSDA

- Pas de confusion dicots – maïs
- Peu de confusion dicots-monocots
- Confusion monocots-maïs



Discrimination basée sur la fluorescence

- DICOTS – MONOCOTS
 - Erreur maximale de classification : 5 %
- Maïs – MONOCOTS
 - Erreur maximale de classification : 17 %

Approche basée sur la géométrie : rangs vs entrerangs

- Estimé du recouvrement par les mauvaises herbes : entrerangs

$$\frac{A_{Me}}{A_e} = \frac{A_M}{A - A_C}$$

- Estimé du recouvrement par toute la végétation, toute l'image

$$\frac{A_V}{A} = \frac{A_M}{A} + \frac{A_C}{A}$$

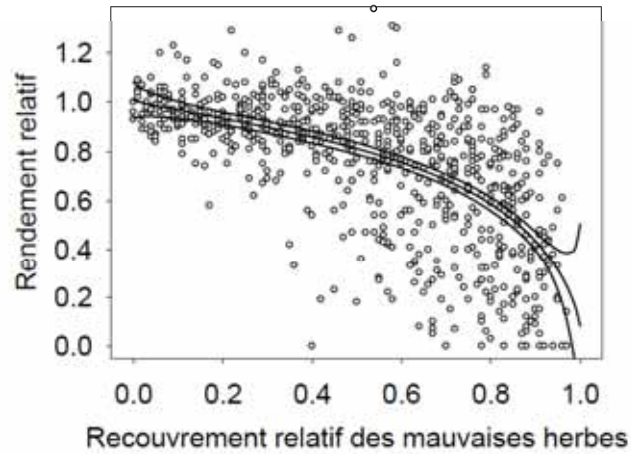
- Recouvrement relatif

$$RR = A_M / A_V$$



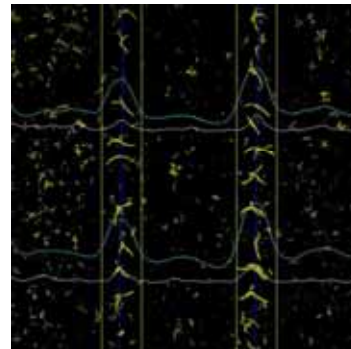
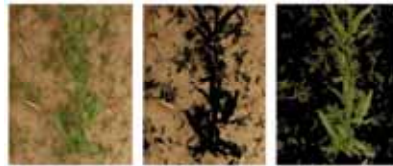
Modèle de perte de rendement vs RR

- Perte de rendement faible pour $RR < 0,2 - 0,4$



Traitement d'images pour obtenir RR

- Segmenter la végétation
 - Difficultés
 - Sols différents
 - Humidité du sol (+ foncé)
 - Débris (paille...)
- Identifier les rangs
 - Difficultés
 - Rangs mal alignés
 - Zones fortement infestées



Résultats - RR

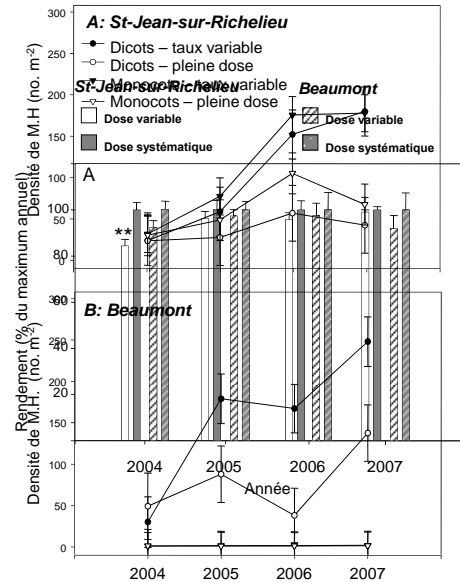
- 2004 à 2007
 - $RR < 0,2$: pas d'herbicides
 - $0,2 < RR < 0,4$: ½ dose
 - $0,4 < RR$: pleine dose

RÉSULTATS

- Rendement préservé
- Population de mauvaises herbes en hausse

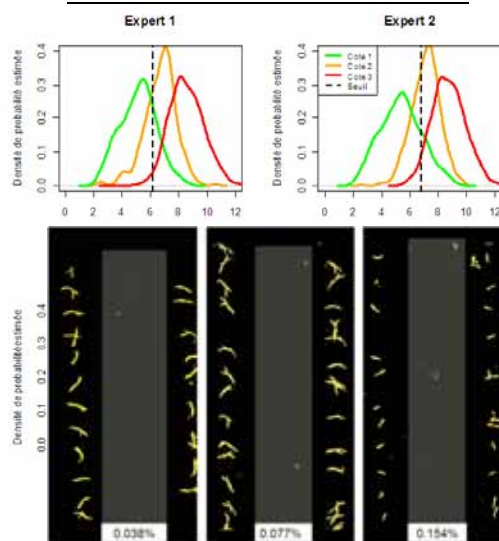
QUESTION

- Seuil de RR acceptable?



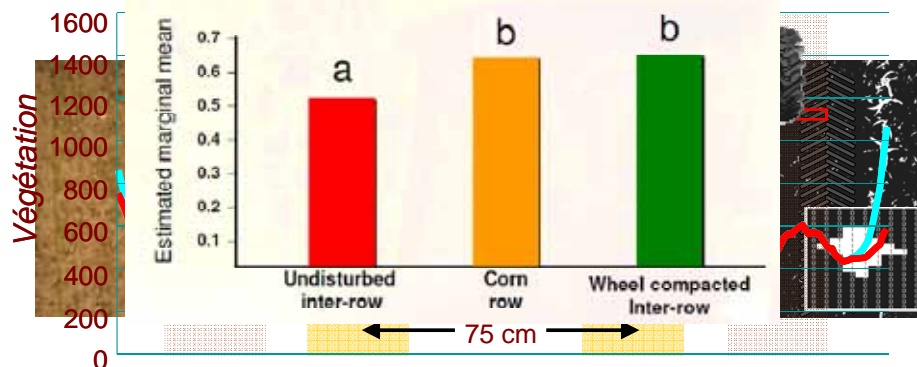
Connaissance experte

- Trois experts
- Cotes d'infestation d'après photos
 - Pas de traitement requis
 - Incertitude
 - Traitement requis
- Estimation d'un seuil
 - Surface couverte par mauvaises herbes : 0,077 %
 - $RR \sim 0,04$
 - $\sim 2 \text{ MH} / \text{m}^2$



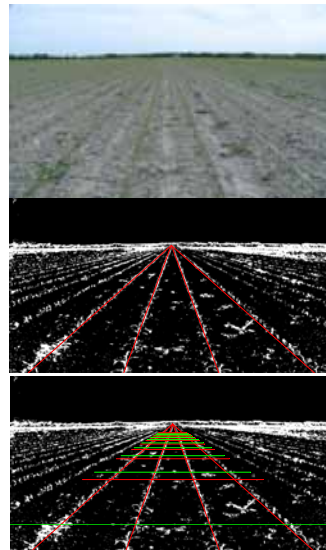
Estimé de l'infestation à partir de l'entrerang

- Hypothèses
 - Tous les entrerangs sont pareils
 - L'infestation dans l'entrerang est un bon indicateur local de l'infestation sur le rang
- RÉSULTATS
 - Infestation des entrerangs perturbés = infestation sur le rang
 - Infestation des entrerangs NON perturbés < infestation sur le rang



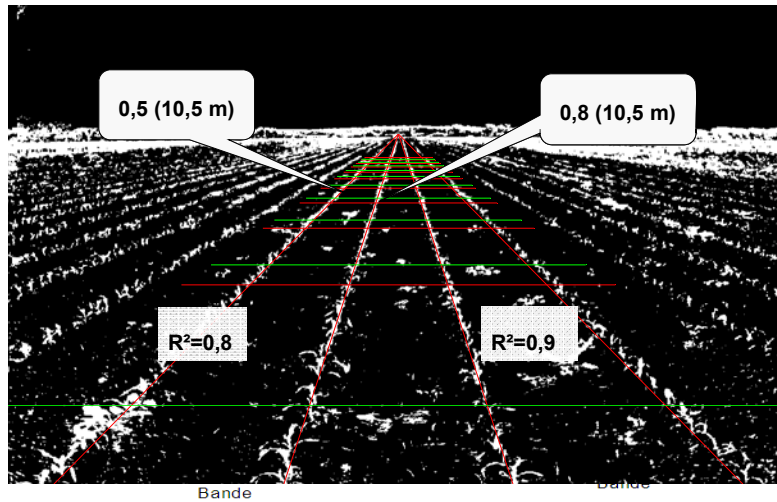
Estimé de la surface couverte – photos obliques

- Photos à partir du sol
- Caméra standard
- Traitement d'image
 - Isoler la végétation
 - Identifier les rangs
- Évaluation
 - Comparer avec photos vues du haut
- Objectif
 - Quelle distance peut être couverte avec suffisamment de précision



Résultats – photos obliques - maïs

- Prédiction de la couverture en fonction de la distance
- Distance maximale



Conclusion

- Seuil de détection requis est faible
 - 0,08 % de couverture par les mauvaises herbes entre les rangs
 - Recouvrement relatif d'environ 0,04
- Modulation des doses
 - Assez facile ($RR < 0,4$) si on ne considère que le rendement dans l'année
 - Peu pratique si on considère l'effet sur plusieurs années
 - Croissance des populations de mauvaises herbes
- Approches optiques
 - Résolution spatiale nécessaire très élevée
 - Différence entre le rang et l'entrerang

merci - baie dankie - thank you - شكرا - gracias
danke - 谢谢 – grazie - דאַנק - falemnderit - təʒəkkür
gràcies - շնորհակալ եմ - Eskerrik asko - дзякуй
благодаря - 감사합니다 - mèsi - hvala vam - tak - tänan
teid - kiitos - ddiolch 'ch - σας ευχαριστώ - धन्यवाद-
köszönöm
terima kasih - go raibh maith agat - þakka þér
ありがとう - paldies - ačiū ...



Utilisations pratiques de l'agriculture de précision à l'échelle de la ferme

Sylvain Raynault, président
Ferme Bonneterre inc.
Saint-Paul-de-Joliette


 Centre de référence en agriculture
et agroalimentaire du Québec
 Commission de géomatique agricole
et d'agriculture de précision

L'historique de la ferme

- Début 1985
 - Ferme laitière de 50 têtes et 70 hectares en propriété
- En 1990
 - Vente des animaux et association avec mon frère Richard (132 hectares en culture)
- En 2010
 - 4 000 bouvillons/an
 - 1 800 hectares en culture
 - Mais
 - Soya
 - Blé
 - Haricot sec





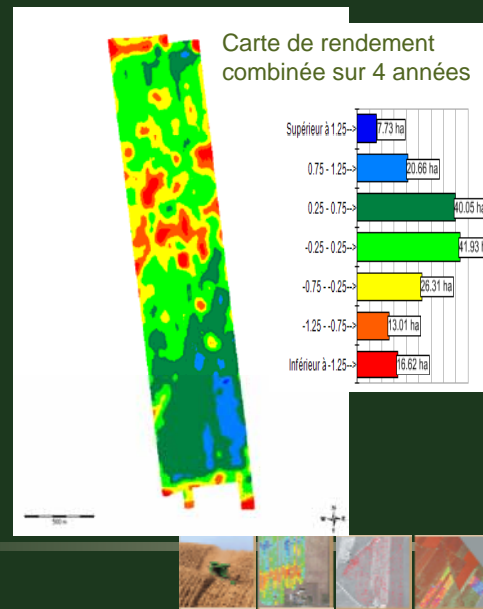
Entrée dans l'agriculture de précision

- 1996 : Installation d'un capteur de rendement avec système de positionnement par satellites sur la moissonneuse-batteuse
 - Objectif premier d'acquisition est de pouvoir faire varier les intrants et faire des corrections sur la fertilité du sol
 - Constat rapide que certaines terres en location ne valaient pas leur coût!



Cartographie de rendement

- Champs avec une bonne moyenne avaient un énorme potentiel d'amélioration dans plusieurs secteurs
- Prise de conscience sur l'impact d'un secteur à bas rendement sur la moyenne du champ
- Finalité : Il faut travailler en premier sur la structure du sol
 - Drainage de surface et souterrain
 - Compaction
 - Changement des pratiques culturales



L'amélioration des sols

- 1999 : Achat d'un système laser pour le drainage et le nivellement des terres
- On débute sur les terres montrant les plus grandes variations de rendement
- Observation d'un impact immédiat sur les rendements des terres améliorées



Utilisation du guidage par GPS

- 2003 : Installation du guidage par GPS
 - Application d'engrais à la volée et d'herbicides
 - Travaux de sol (vibroculteur et chisel)
- Gain apparent de productivité et économie d'intrants



Intégration de l'Autotrac

- 2006 : Achat de la technologie Autotrac SF2 pour les semis, la pulvérisation et la récolte de céréales et du soya
 - Gain de productivité par l'attention accrue portée sur les opérations au lieu de la conduite



Technologie RTK

- 2008 : Adoption de la technologie RTK
 - Possibilité d'amener les intrants sur le rang (fertilisation localisée en bande)
 - Restructurer le sol en bande sans travailler l'entreprangs (*strip till* et *vertical tillage*)



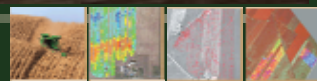
Conduite des outils (iSteer)

- Avons constaté une dérive des outils même avec un tracteur fonctionnant en Autotrac
 - Limite les possibilités des applications localisées d'intrants
 - Décalage variable entre 2 opérations subséquentes sur le même rang (travail vertical vs semis)
- Correction du problème par l'ajout de la conduite active sur l'outil iSteer
 - Amélioration étonnante du placement de l'outil mesuré au champ (+/- 30 cm à +/- 3 cm)



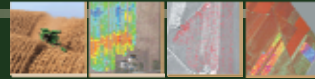
Autres avenues au RTK

- Automne 2008 : Transfert du système au laser au système RTK pour le drainage de surface et souterrain
 - Possibilité planifier les travaux au bureau
 - Diminution des possibilités d'erreurs et travaux peuvent être effectués par la majorité des opérateurs
 - Temps passé au champ est réduit (gros avantage tenant compte de la fenêtre réduite pour l'amélioration de terres au Québec)
 - Impact réduit sur la structure du sol (réduit le décapage)
 - Plus de laser à déplacer et augmentation de la rapidité d'opération
- 2010 : Achat d'un 2^e kit pour accélérer la fin des travaux d'amélioration des champs compte tenu des améliorations de rendement et des retours sur investissement



Pour l'avenir

- Pour les terres améliorées
 - Débuter les essais à taux variable d'intrants
 - Premier semis à taux variable effectué en 2010
 - Utilisation de l'imagerie géoréférencée
 - Pour comparer les rendements réels et les prévisions pour éventuellement effectuer des interventions en cours de saison de croissance
- Approfondir les techniques de fertilisation ciblées et de travail vertical
- Utilisation de la conduite Autotrac sur toutes les interventions au champ
- Explorer les avantages des nouvelles technologies d'automatisation des opérations



En conclusion

- 15 ans après notre entrée dans l'agriculture de précision, nous ne sommes pas encore rendus à notre objectif premier qui était de faire varier les intrants!
- Chaque étape se rentabilise d'elle-même
- L'importance de travailler avec des fournisseurs qui offrent des technologies qui s'intègrent à celles existantes
- L'importance de travailler avec des fournisseurs nous assurant un support technique pour la caractérisation de nos besoins et un excellent service après-vente



