



Colloque agriculture numérique et agriculture de précision – Valorisez vos données!

4 mars 2020

Présentations PowerPoint

[Precision nitrogen management: Past, Present and Future Le passé, le présent et le futur en fertilisation de précision](#)

Raj Khosla, Ph.D., professeur, département des Sciences du sol et des cultures, Colorado State University

[Les technologies pour l'efficacité de l'agriculture : exemples d'applications](#)

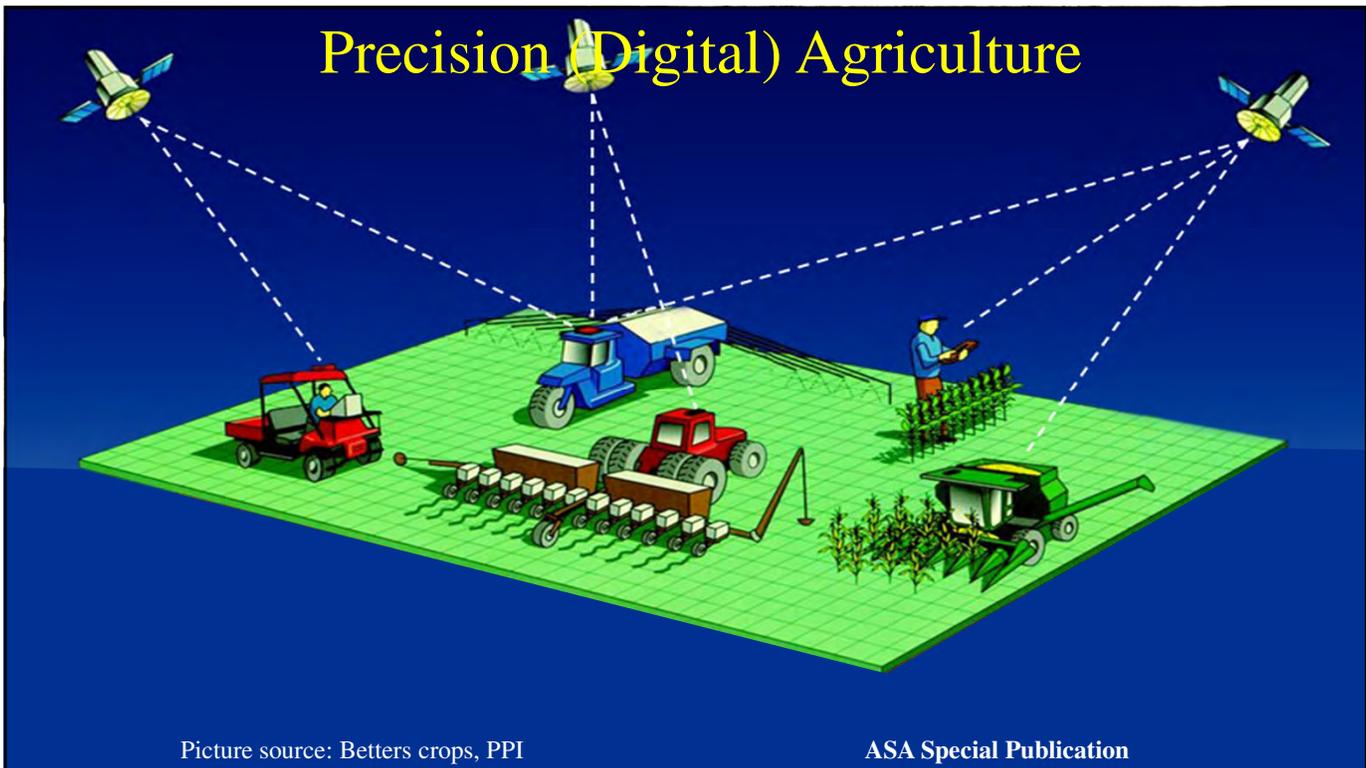
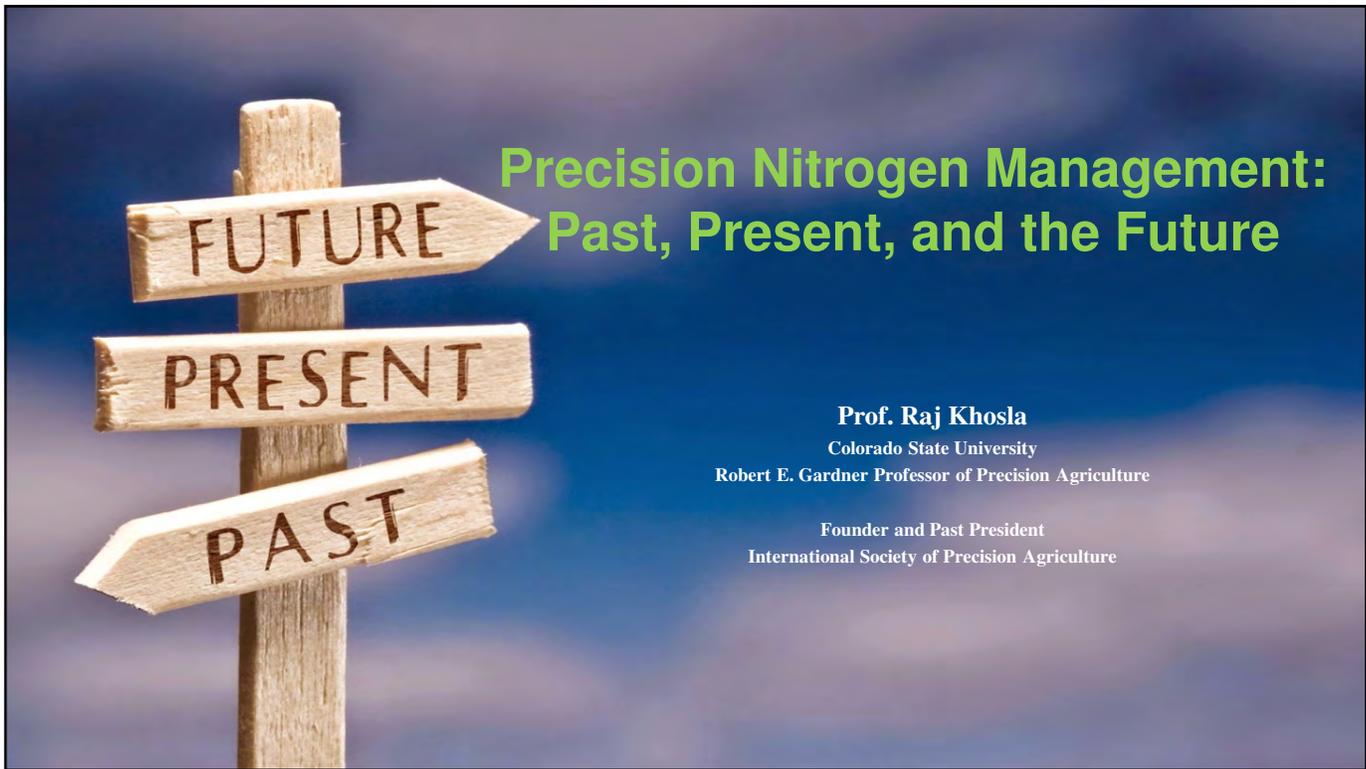
Vincent Lamarre, B.Sc., ingénieur, agronome, professeur-chercheur, ITA, campus La Pocatière

[L'élevage intelligent sera-t-il à la base de la prochaine révolution agricole? État de la situation](#)

Candido Pomar, Ph.D., chercheur scientifique, Centre de recherche et de développement de Sherbrooke, Agriculture et Agroalimentaire Canada

[Comment s'est opérée la transition vers une agriculture numérique à notre ferme](#)

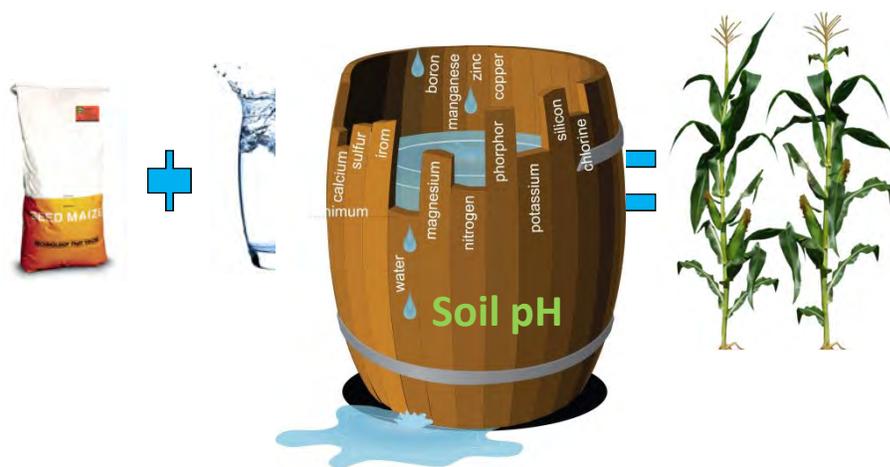
Jean-François Ridel, Diplôme universitaire en génie de la production automatisée, producteur agricole, Ferme Ridel



Precision (Digital) Agriculture...



Basic agronomy



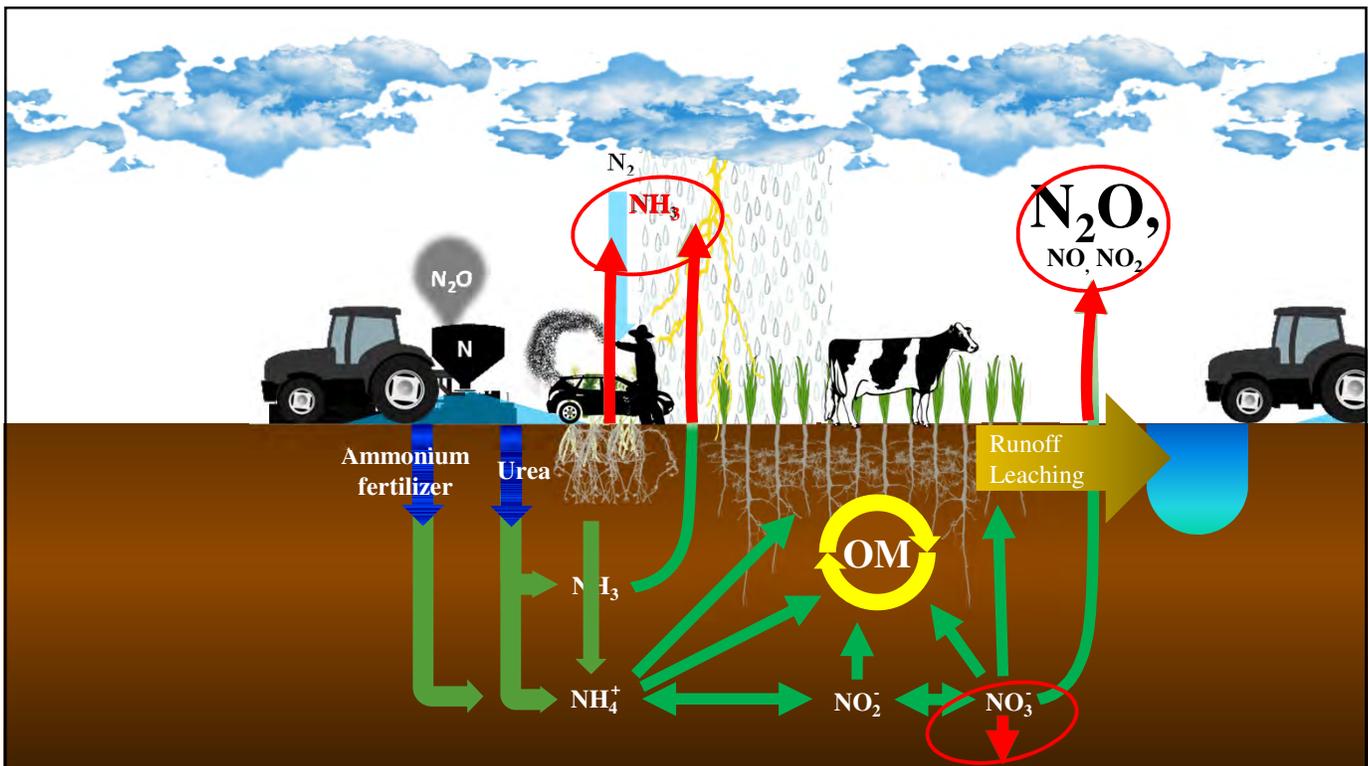
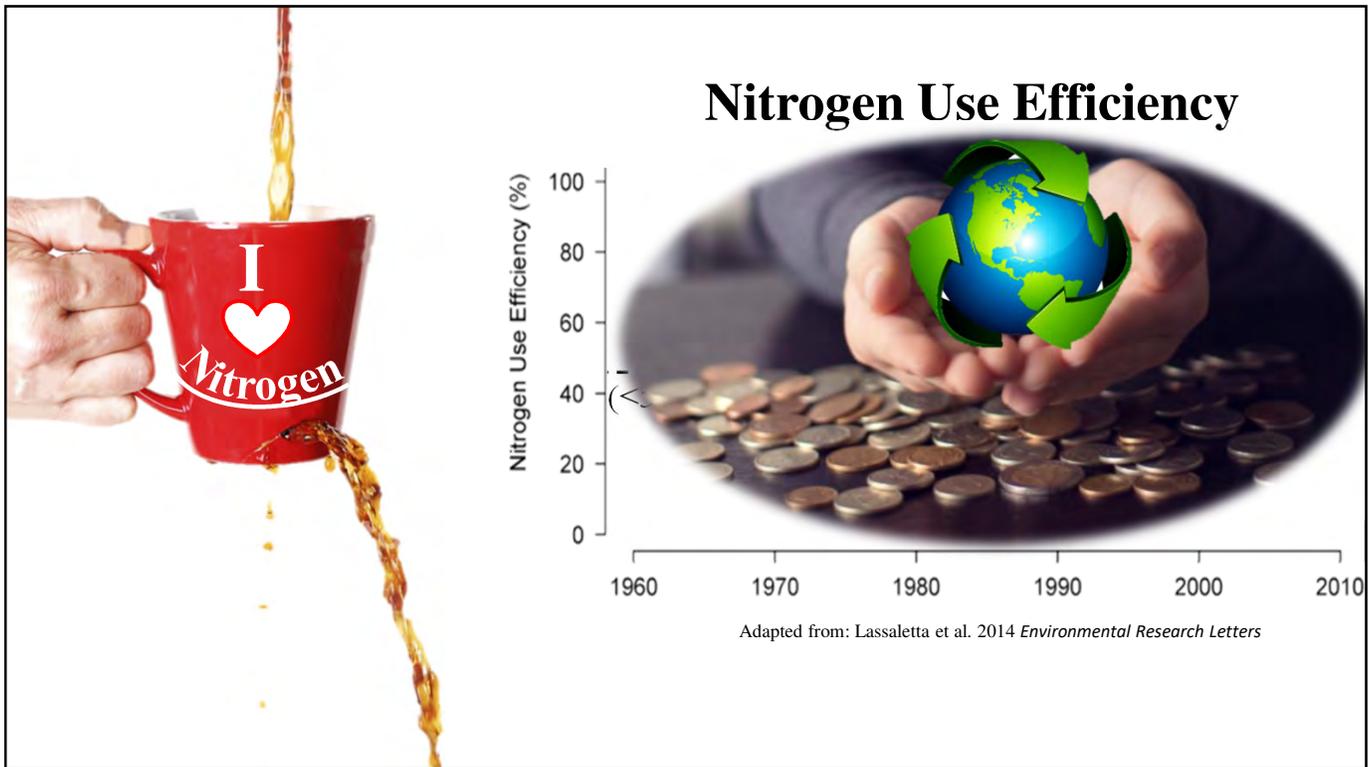
Law of limiting factors

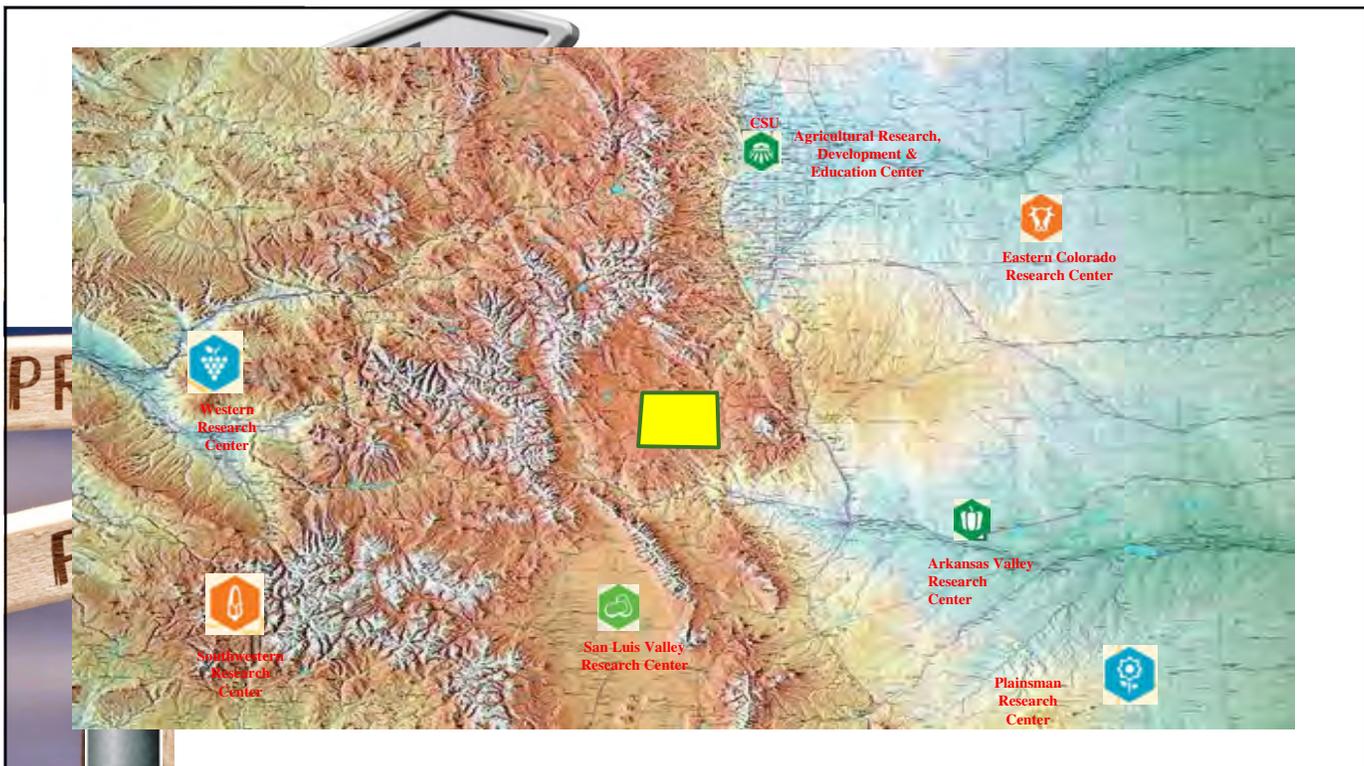
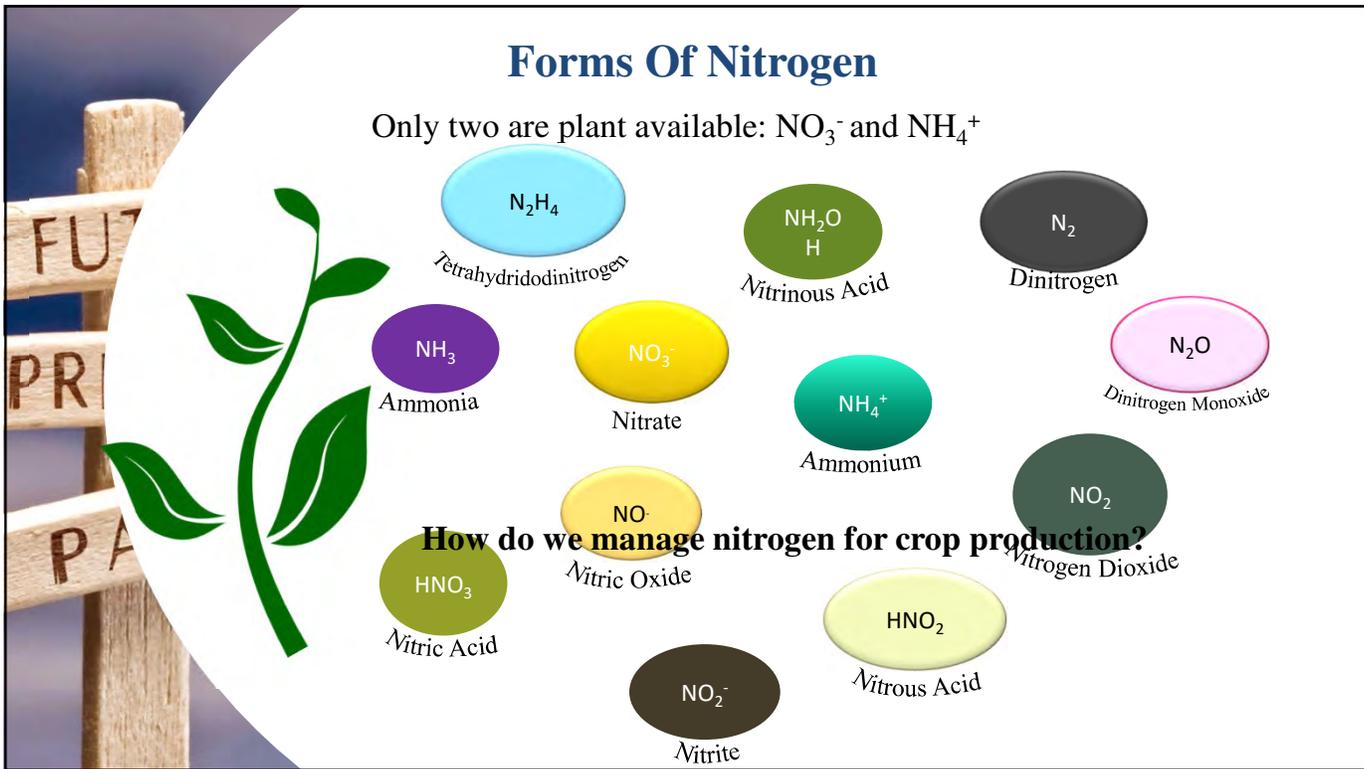
HABER-BOSCH PROCESS

Nitrogen

- ❖ Process fixing N in the air into ammonia
- ❖ One of the greatest inventions of the 20th century
- ❖ Responsible for half of today's world food
- ❖ Without it, 30-40% of population would not be alive

Nitrogen management

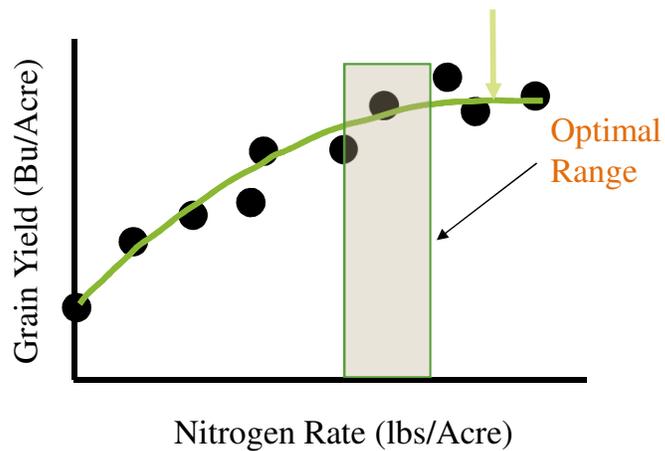






Calculating the Optimal N Rate

$$N \text{ rate} = 35 + (1.2 \times EY \text{ (bu/ac)})$$



N Management

N Rate Recommendation



N Management

State	N Rate Recommendation
CO	$35 + (1.2 \times \text{EY (bu/ac)}) - (3 \times \text{Average ppm NO}_3 \text{ N in soil}) - (.14 \times \text{EY (bu/ac)} \times \% \text{OM}) - \text{other N Credits}$

Estimated Yield (EY)



Soil N Test



N Credits



Web Applications

State	N Rate Recommendation
CO	35+ (1.2 X EY (bu/ac)) – (8 X average ppm NO3 N in soil) – (.14 X EY (bu/ac) X %OM) - other N credits
KS	(1.6X YG (bu/ac)) - (%OM X 20) - Priofile N - Legume N - other N Credit
OH	-27 + (1.36 X Yield Potential (bu/ac) -100) – N credit (lb/ac) or 110 + [1.36 X (Yield potential (bu/ac) -100)] – N credit (lb/ac)
IN	-27 + (1.36 X Yield Potential (bu/ac) -100) – N credit (lb/ac) or 110 + [1.36 X (Yield potential (bu/ac) -100)] – N credit (lb/ac)
MI	-27 + (1.36 X Yield Potential (bu/ac) -100) – N credit (lb/ac) or 110 + [1.36 X (Yield potential (bu/ac) -100)] – N credit (lb/ac)
MO	Fertilizer N recommendation (lbs/ac) - preplant N test credits (lbs/ac)
MT	N Fertilizer YG Recommendation (lbs/ac) - PSNT NO ₃ (lbs/ac) *Wheat
ND	Fertilizer N recommendation (lbs/ac) - Soil Nitrate Concentration (lbs/ac) - N Credits (lbs/ac)
NE	35+ [1.2 X EY (bu/ac)] – (1 X average ppm NO3 N in soil) – (0.14 X EY (bu/ac) X %OM) - other N credits
OR	YG (bu/ac) X 1.36
PA	EY (bu/ac) X 1.36
IA	N Rate
WI	N Rate
MN	N Rate
IL	N Rate
ND	N Rate
ND	N Rate
ND	N Rate

Com Nitrogen Rate Calculator



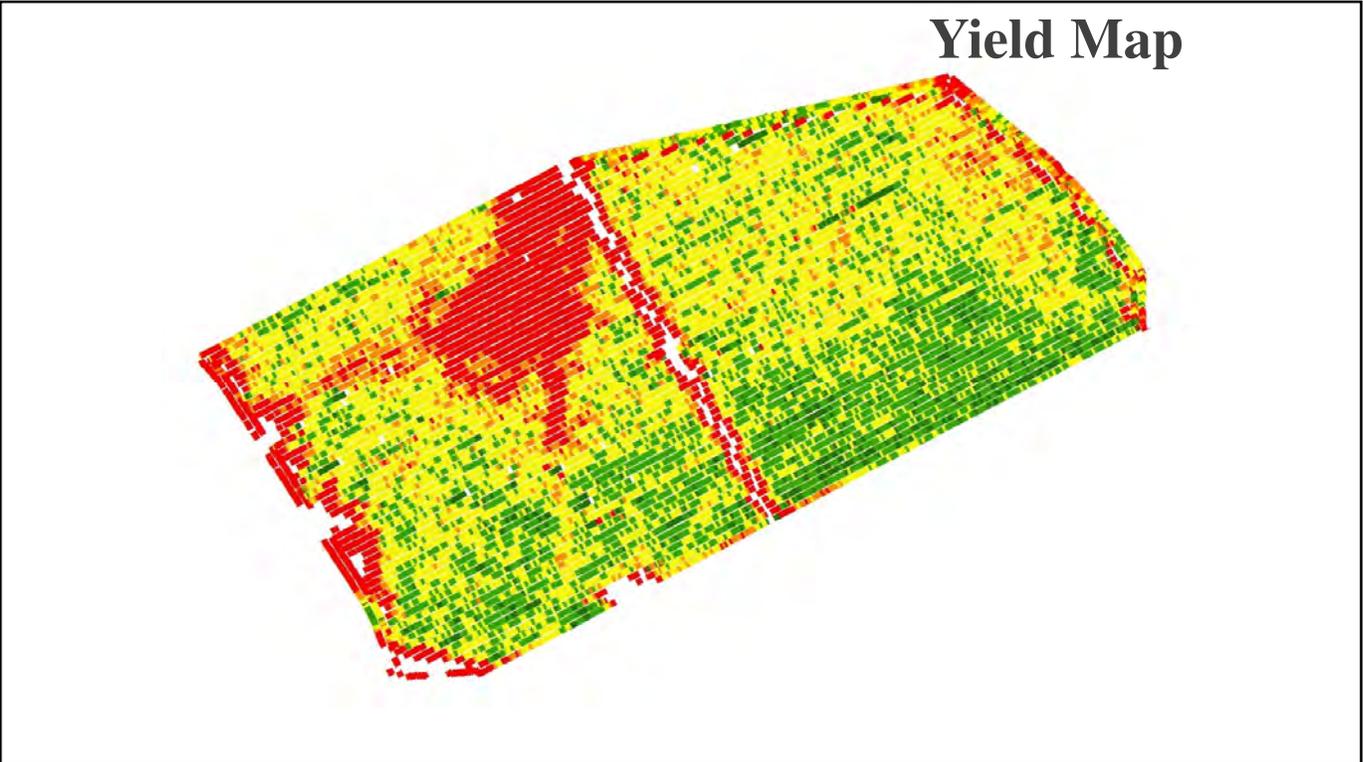
Web Application

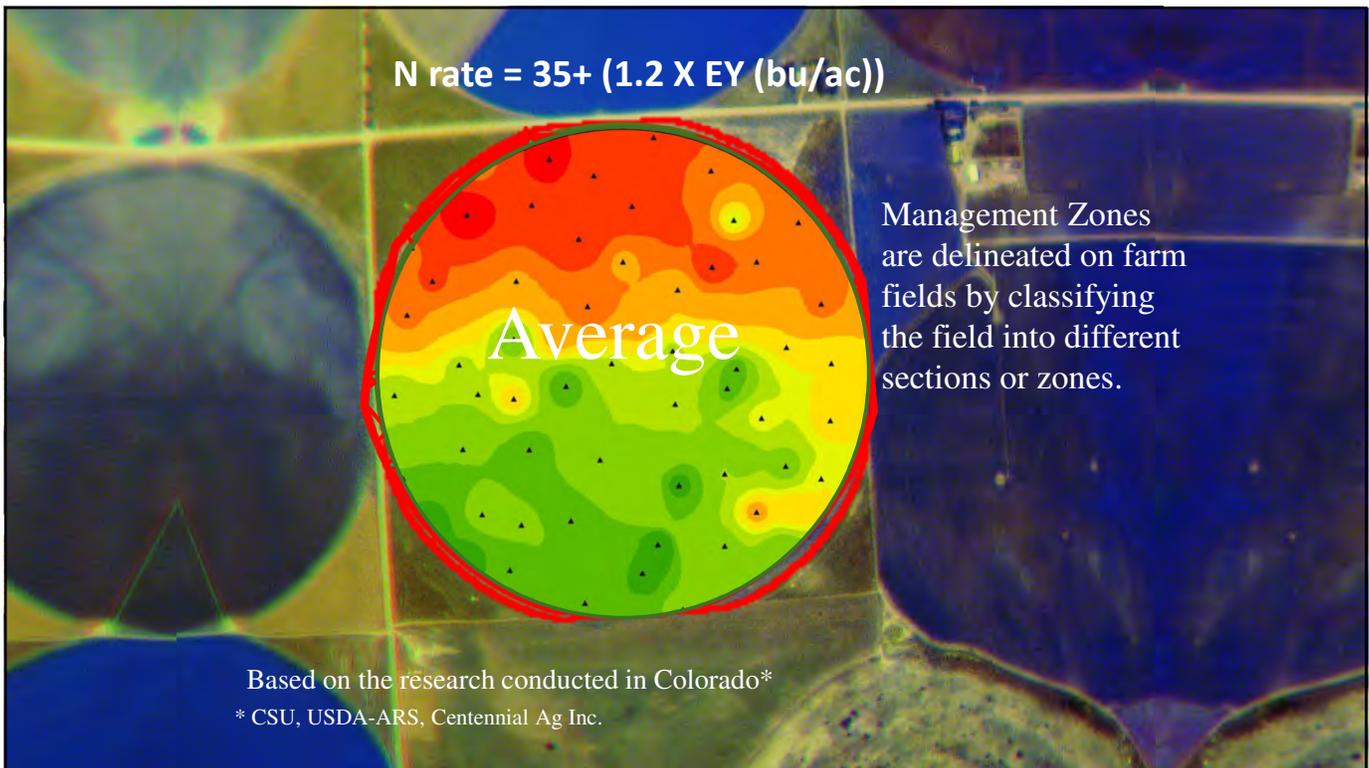
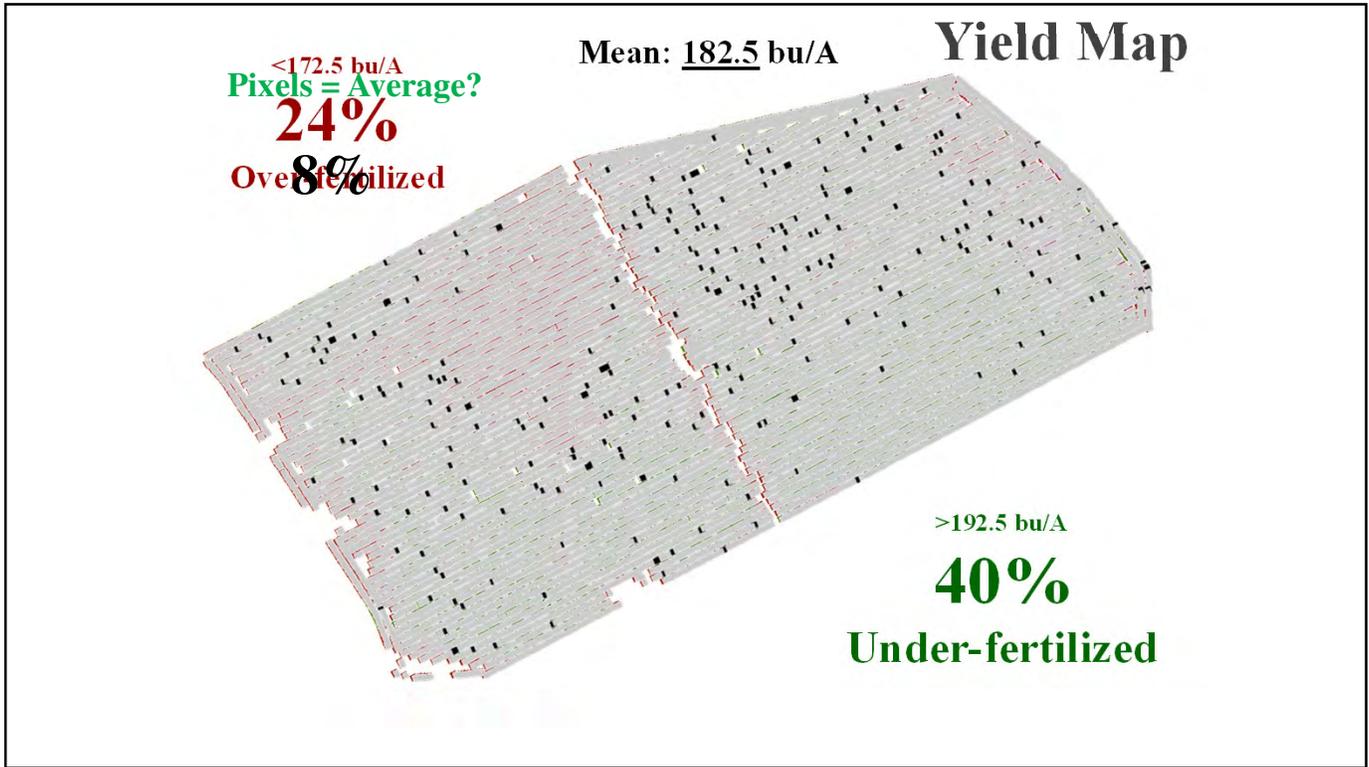
Nitrogen Price (\$/lb): 0.40
 Corn Price (\$/bu): 4.00
 Price Ratio: 0.10

$$N \text{ rate} = 35 + (1.2 \times EY \text{ (bu/ac)})$$



Do you know folks who are still managing the average?



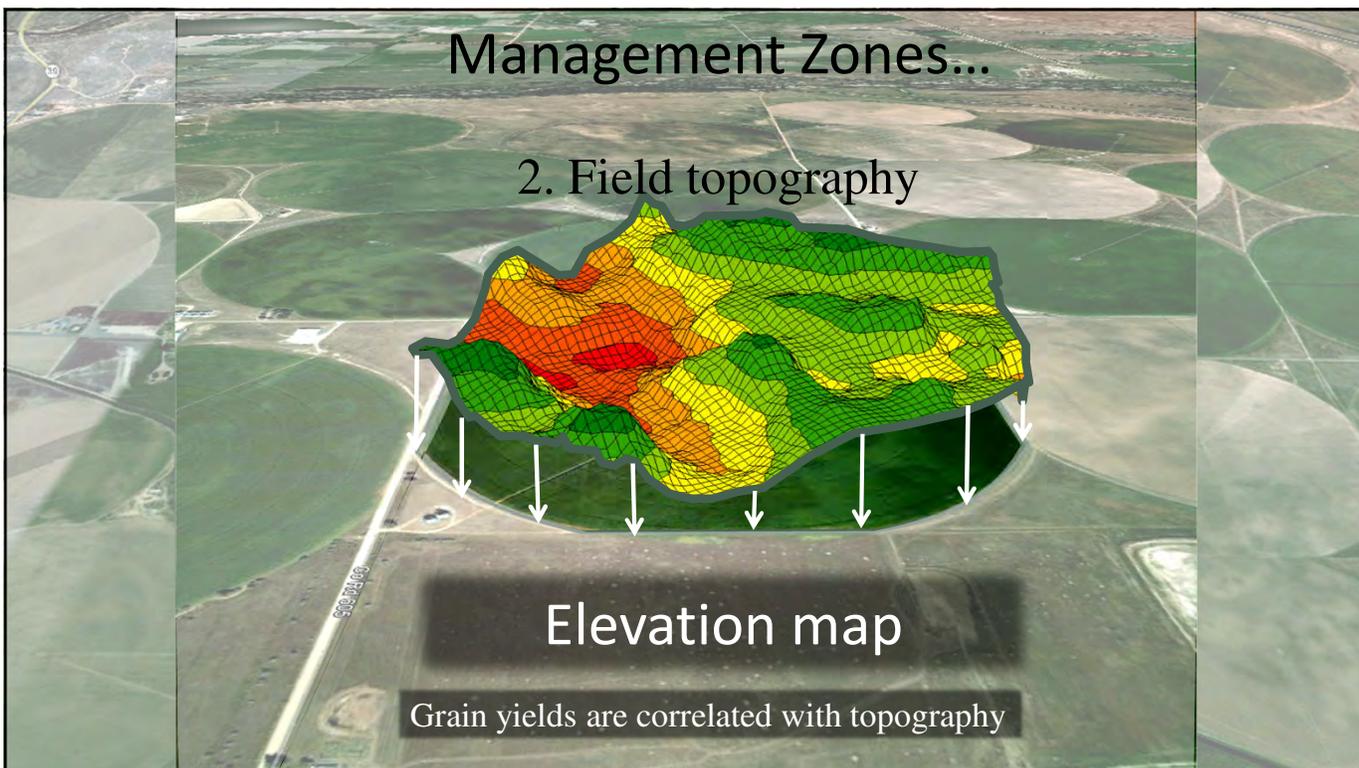


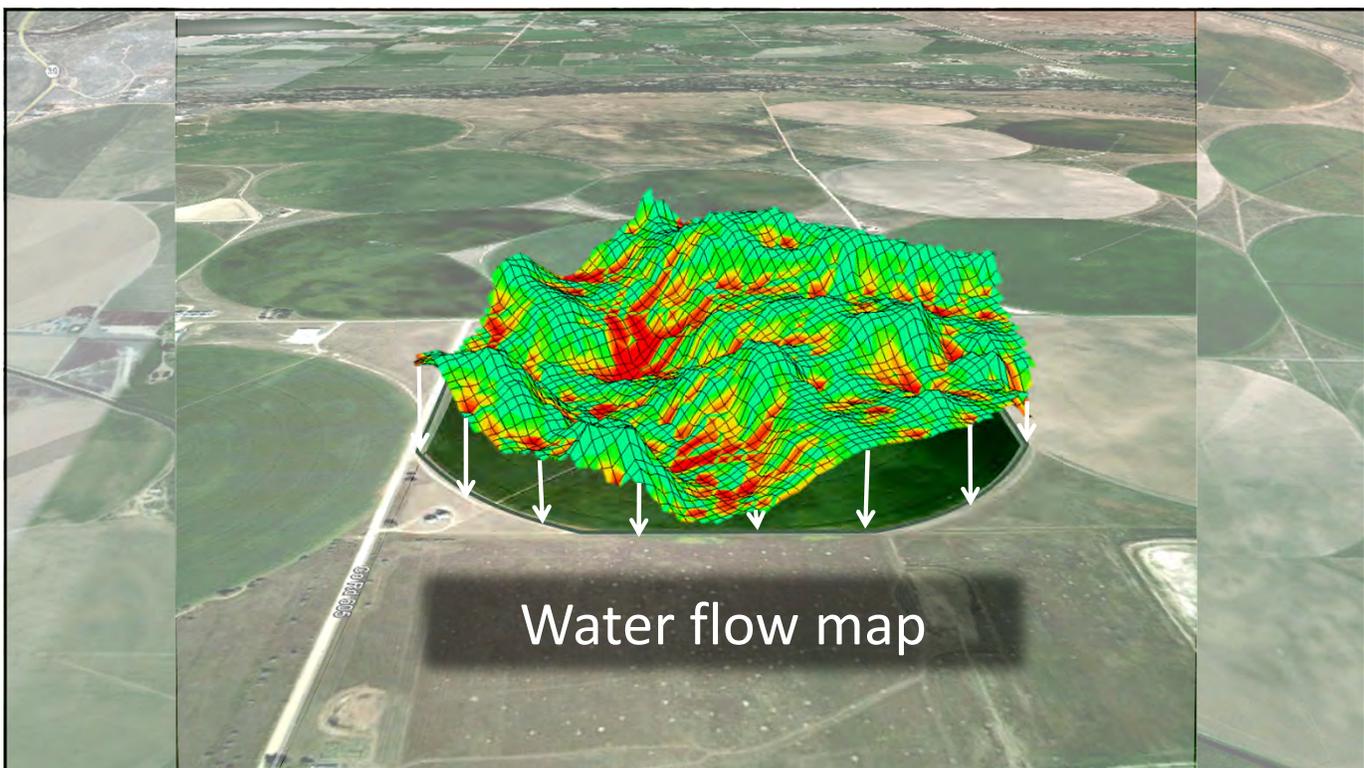
Management Zones

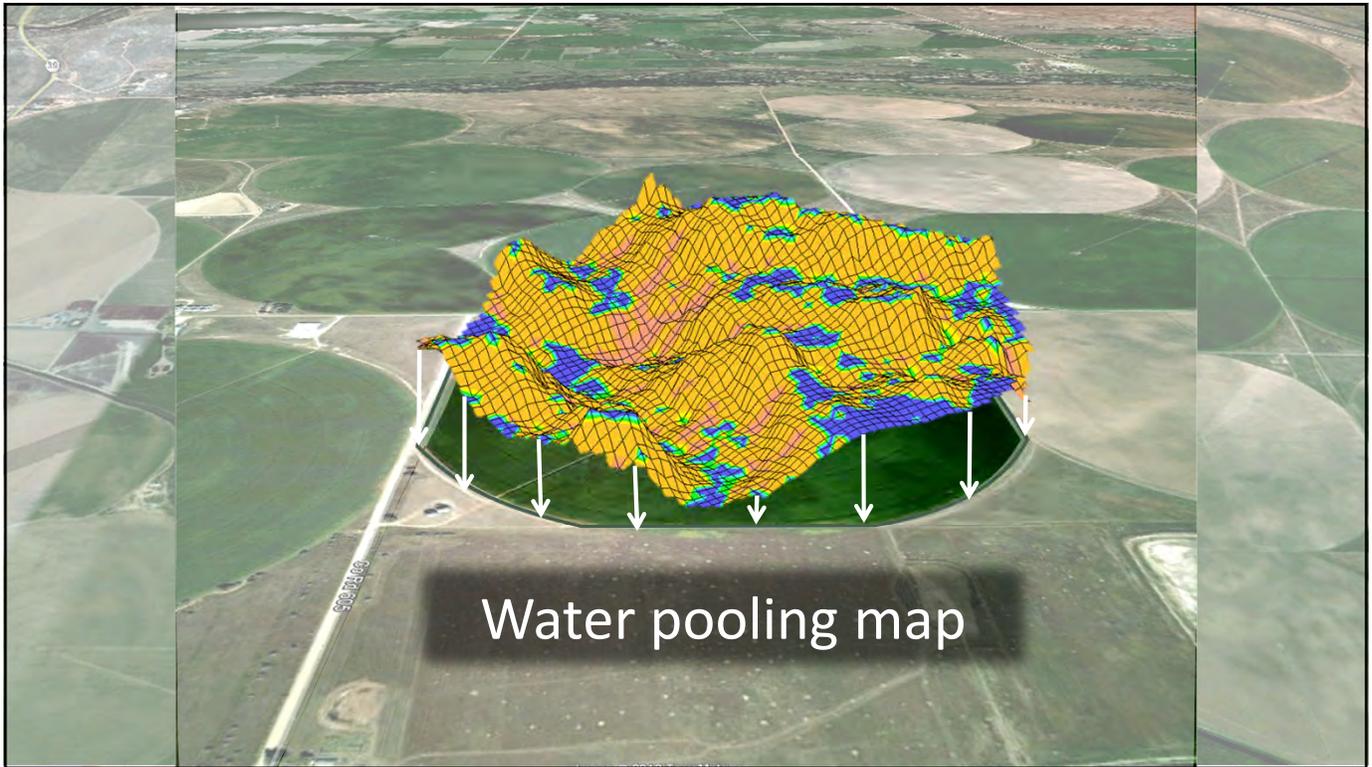
“A sub-region of a field that expresses a homogeneous combination of yield limiting factors”

In Colorado, we have developed **four** techniques of delineating management zones





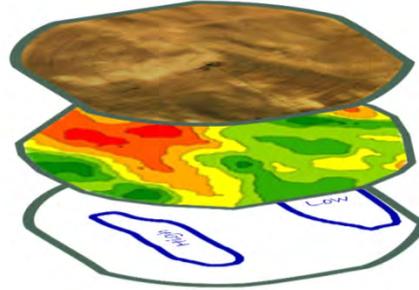




Management Zones...

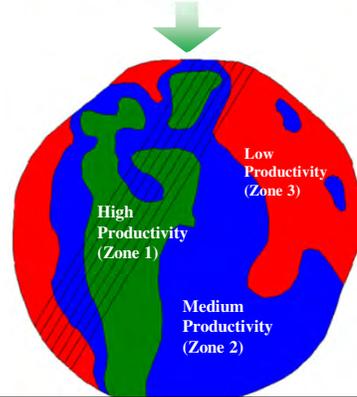
The three data layers

- ✓ Aerial Imagery
- ✓ Topography
- ✓ Farmer's experience



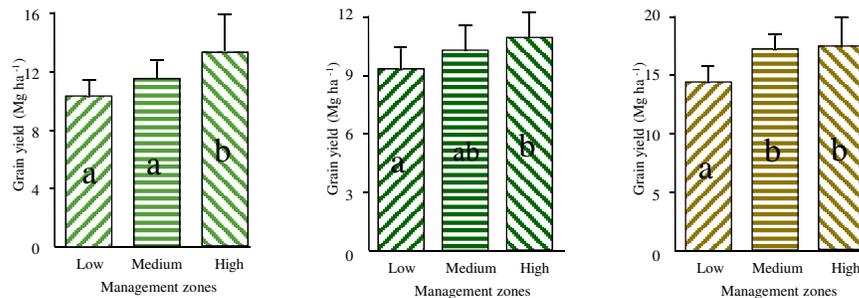
are stacked as GIS layers to delineate the zone

Traits such as dark color, low-lying topography, and historic high yields were designated as a zone of potentially high productivity or high zone



Management zones...

Mean grain yield across MZs



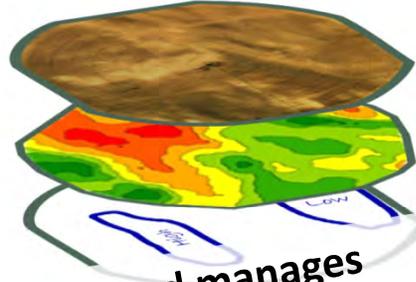
Up to 46% reduction in N loadings without impairing grain yields

Source: Koch, Khosla, et al. 2004

Management Zones...

The three data layers

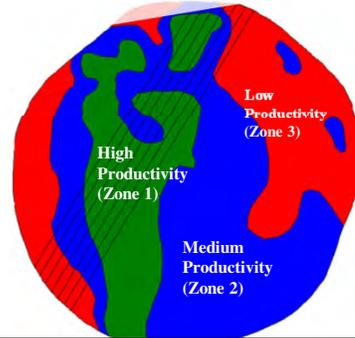
- ✓ Aerial Imagery
- ✓ Topography
- ✓ Farmer's experience



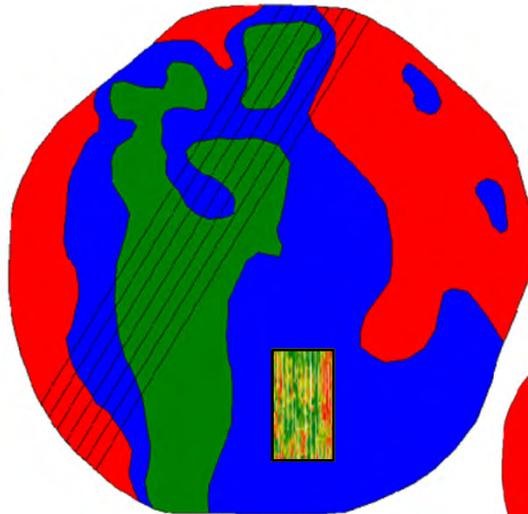
Soil based zones quantifies and manages macro-variability



are gradients of soil color, low-lying topography, and historic high yields were designated as a zone of potentially high productivity or high zone

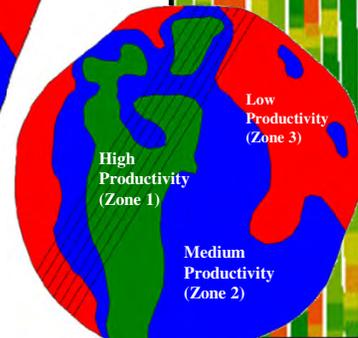
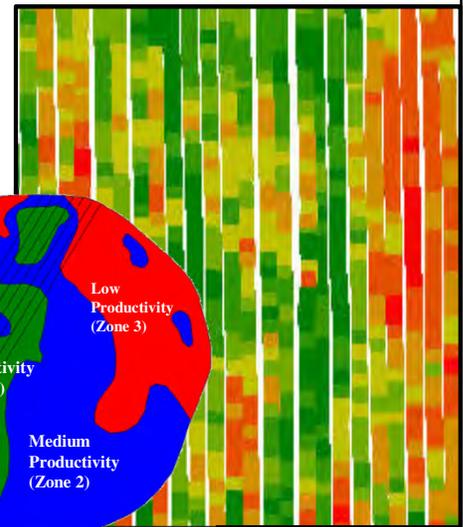


Soil Based Management



Macro-variability

Micro-variability



Proximal Sensing: Crop Based Management

$$\text{N Rate (kg ha}^{-1}\text{)} = (135.3 \times (\text{NDVI}_{\text{Ref.}} / \text{NDVI}_{\text{Target}})^2) - (134.8 \times (\text{NDVI}_{\text{Ref.}} / \text{NDVI}_{\text{Target}})) + 1$$

~96 lb/a

NDVI
0.41

~96 lb/a

NDVI
0.41

~96 lb/a

NDVI
0.41



Proximal Sensing: Crop Based Management

$$\text{N Rate (kg ha}^{-1}\text{)} = (135.3 \times (\text{NDVI}_{\text{Ref.}} / \text{NDVI}_{\text{Target}})^2) - (134.8 \times (\text{NDVI}_{\text{Ref.}} / \text{NDVI}_{\text{Target}})) + 1$$

~92 lb/a

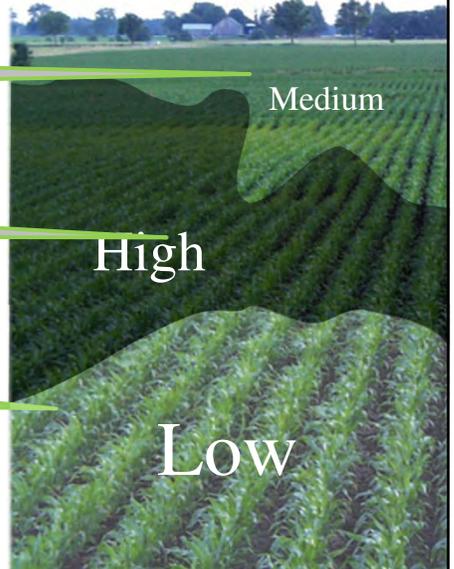
NDVI
0.41

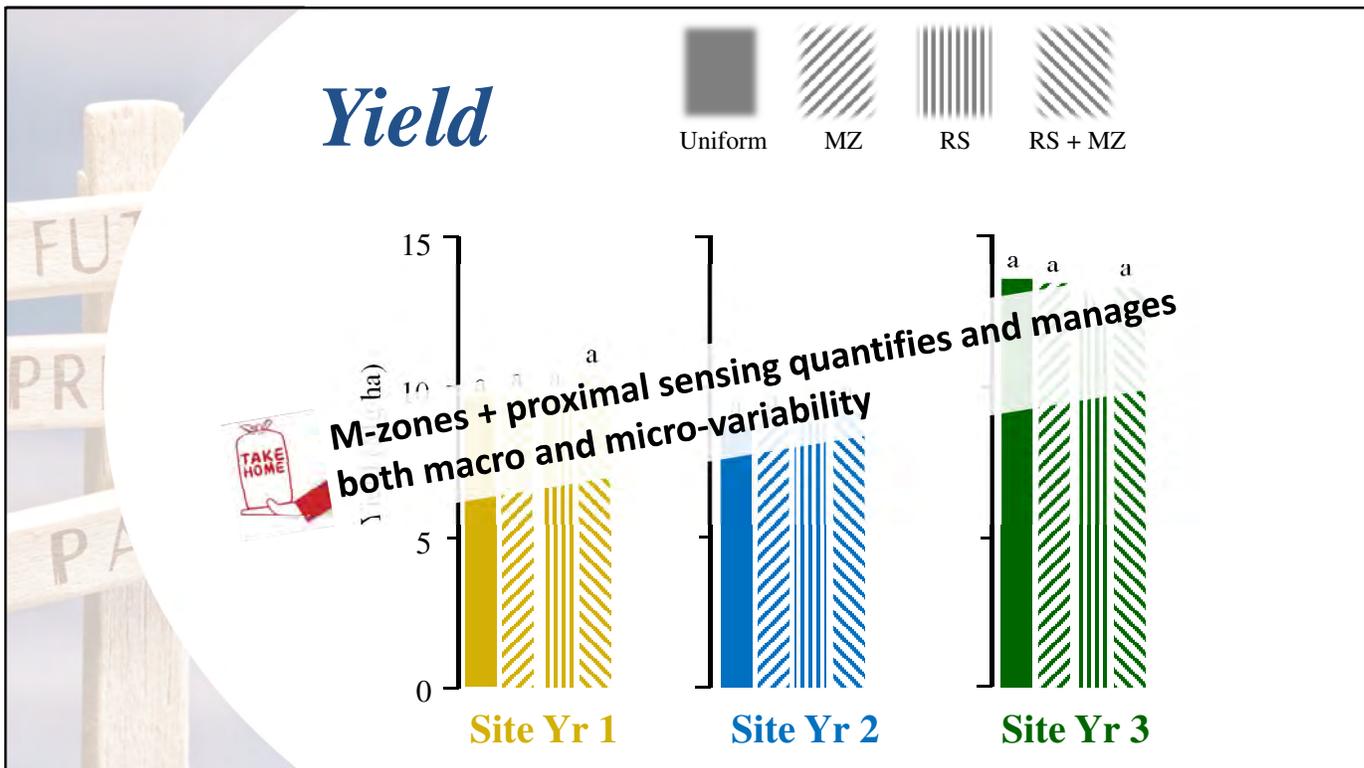
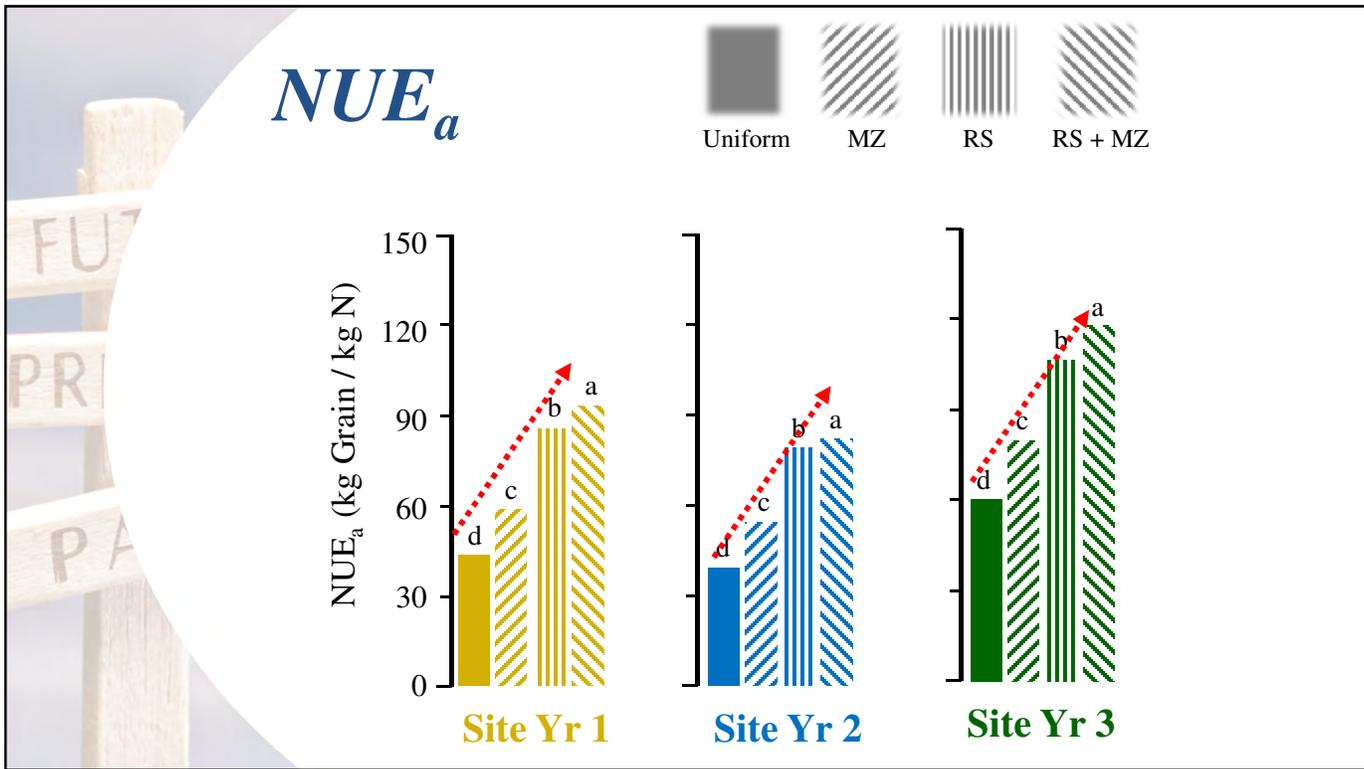
~144 lb/a

NDVI
0.41

~37 lb/a

NDVI
0.41





A Way Forward

There will be even more complex soil and crop models that encompass many other sensitive parameters



Machine learning



NASA TECHNOLOGY TRANSFER PROGRAM SPINOFF

Sensors Enable Plants to Text Message Farmers

Energy and Environment

NASA Technology

Long-term human spaceflight means long-term menu planning. Since every pound of cargo comes with a steep price tag, NASA has long researched technologies and techniques to allow astronauts to grow their own food, both on the journey and in some cases at their destination. Sustainable food technologies designed for space have resulted in spinoffs that improve the nutrition, safety, and durability of food on Earth.

These are of course tradeoffs involved in making astronauts part-time farmers. Any time spent tending plants is time that can't be spent elsewhere: collecting data, exploring, performing routine maintenance, or sleeping. And as scarce as time is for astronauts, resources are even more limited. It is highly practical, therefore, to ensure that farming in space is as automated and precise as possible.

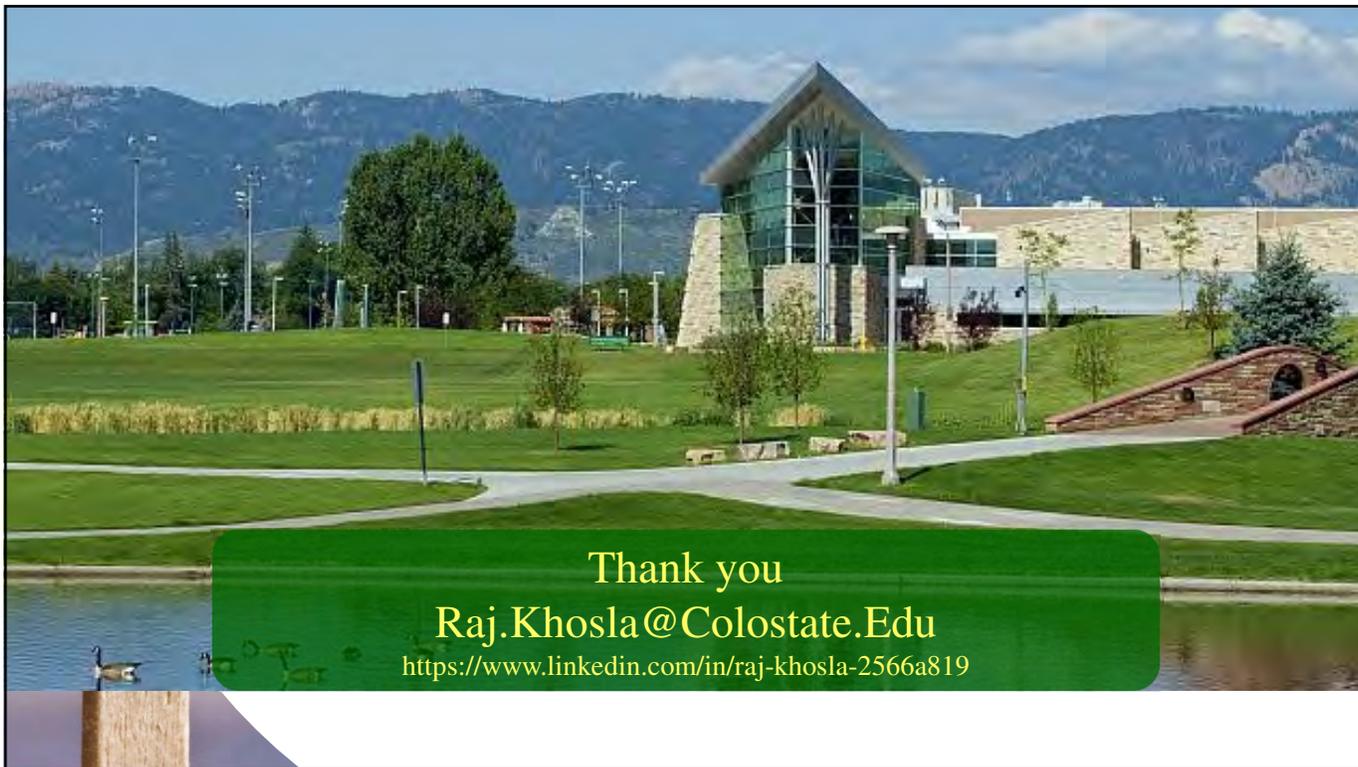
Technology Transfer

In the early 2000s, a NASA cooperative agreement for developing hardware for biological experiments in space was made available to Hane Seelig, at the time a PhD student at the University of Colorado Boulder and an employee of Bioscience Space Technologies, a nonprofit, NASA-sponsored research partnership center located at the university and at the Space Flight Center. As part of the research, Seelig studied the relationship between plant leaf rigidity and its water content, and what that such data could be directly measured using sensors. "No device was available that could measure leaf thickness continuously, so I built a prototype sensor that measured thickness by way of electrical pressure," the says.

Seelig hypothesized that sensor-based watering could eliminate a significant amount of guesswork in farming and free up time and resources that could be applied elsewhere. "Astronauts are not supposed to spend their days weeding, watering, and the like, so we wanted to



By measuring electrical pressure, Seelig's sensor continuously reports on plant health. The sensor's sensor is attached through a small hole in the leaf's epidermis.



Thank you

Raj.Khosla@Colostate.Edu

<https://www.linkedin.com/in/raj-khosla-2566a819>

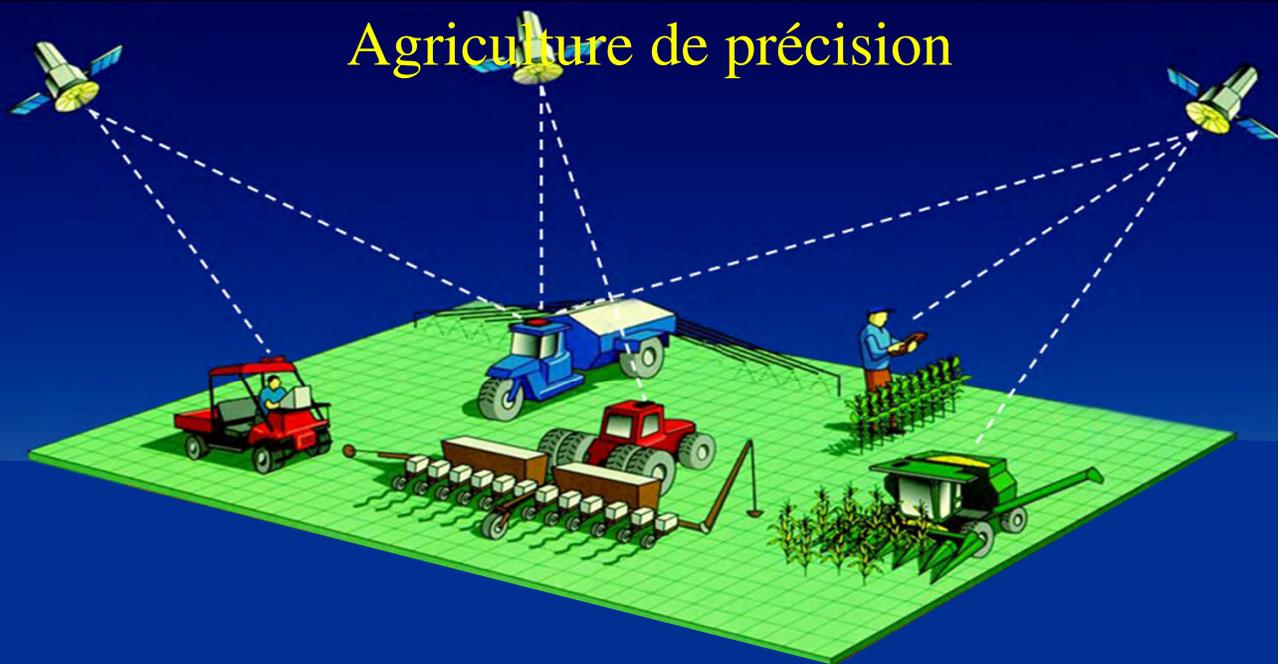




La gestion d'azote : Le passé, le présent, l'avenir

Prof. Raj Khosla
Colorado State University
Robert E. Gardner Professor of Precision Agriculture

Founder and Past President
International Society of Precision Agriculture



Agriculture de précision

Picture source: Better crops, PPI

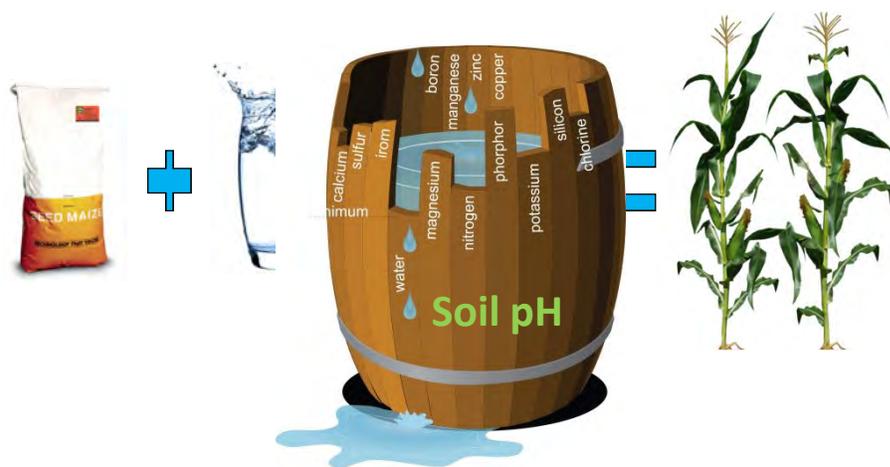
ASA Special Publication



L'agriculture (numérique) de précision ...



Agronomie de base



loi des facteurs limitants

HABER-BOSCH PROCESS



Nitrogen

- ❖ Processus fixant le N dans l'air en ammoniac
- ❖ L'une des plus grandes inventions du 20e siècle
- ❖ Responsable de la moitié de la nourriture mondiale d'aujourd'hui
- ❖ Sans cela, 30 à 40% de la population ne serait pas en vie

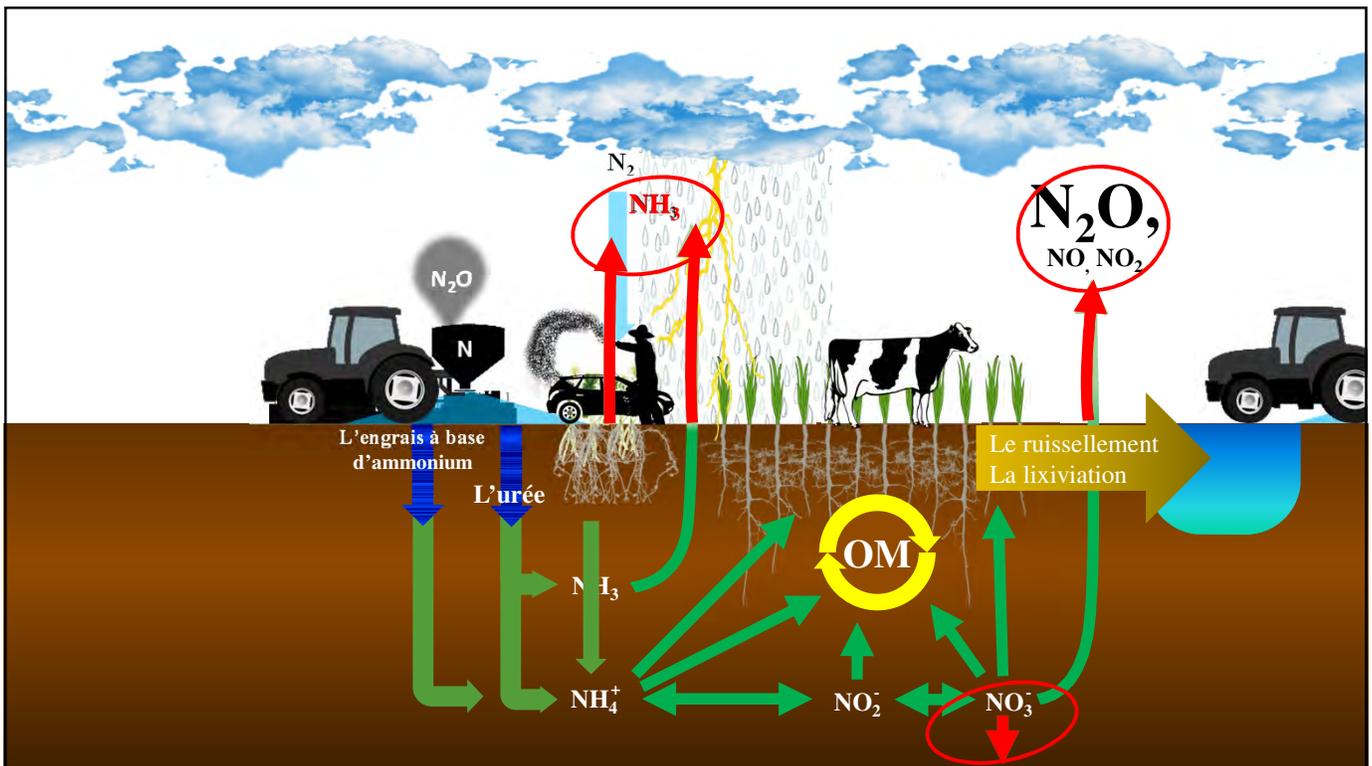
La gestion de l'azote



Efficacité d'utilisation de l'azote

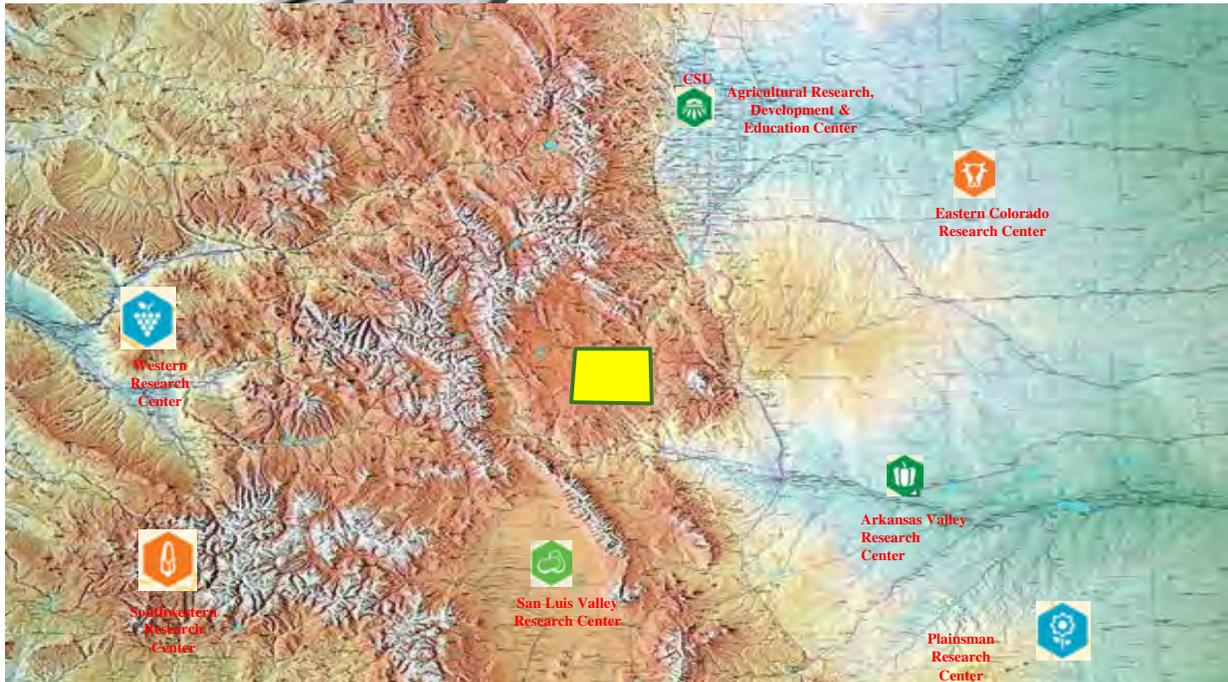
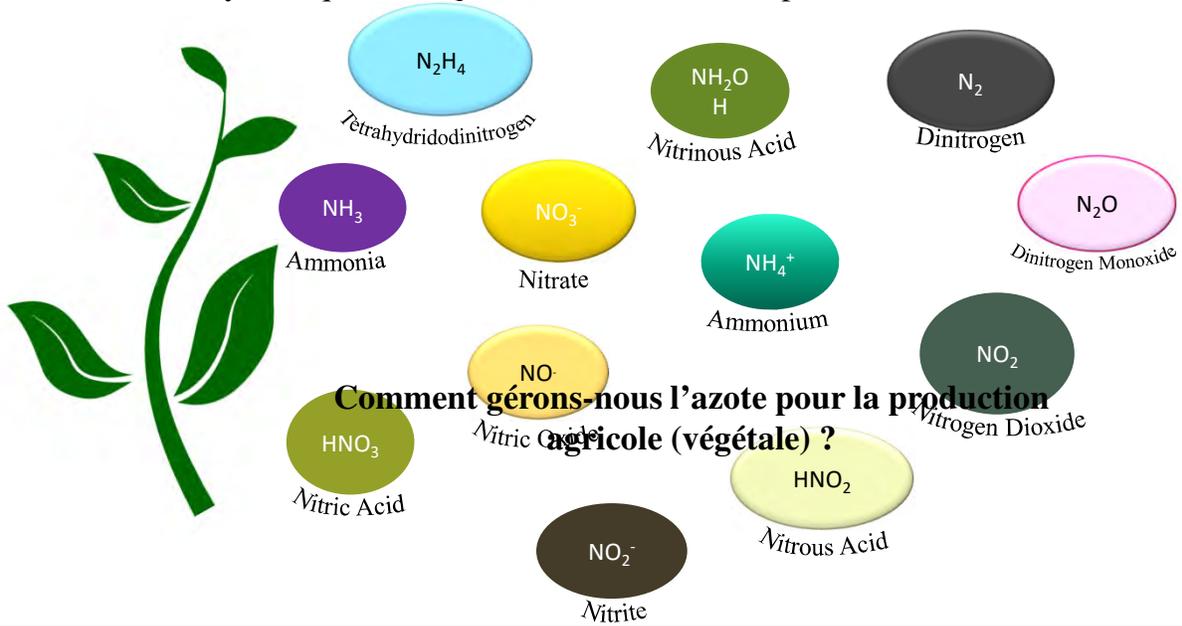


Adapted from: Lassaletta et al. 2014 *Environmental Research Letters*



Les formes d'azote

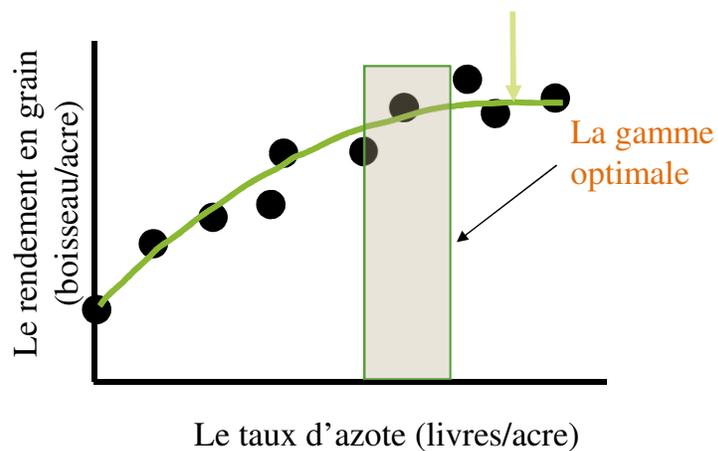
Il n'y en a que deux qui sont accessibles aux plantes : NO_3^- et NH_4^+





Calculer le taux optimal d'azote

$$\text{Le taux d'azote} = 35 + (1.2 \times \text{EY (bu/ac)})$$



La gestion d'azote

Le taux d'azote recommandé



La gestion d'azote

L'état	Le taux d'azote recommandé
CO	$35 + (1.2 \times EY \text{ (bu/ac)}) - (3 \times \text{Average ppm NO}_3^- \text{ in soil}) - (.14 \times EY \text{ (bu/ac)} \times \%OM) - \text{other N Credits}$

L'estimation des rendements (EY)



Analyse de l'azote (NO₃⁻) du sol



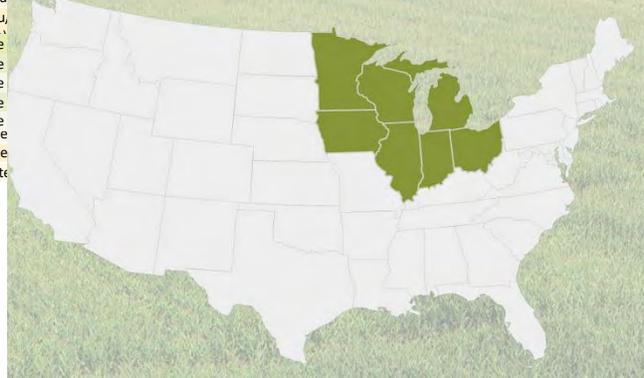
L'azote résiduel dans le sol



Des applications Web

L'etat	Le taux d'azote recommandé
CO	35+ (1.2 X EY (bu/ac)) – (8 X average ppm NO3 N in soil) – (.14 X EY (bu/ac) X %OM) - other N credits
KS	(1.6X YG (bu/ac))-(%OM X 20) - Priofile N - Legume N- other N Credit
OH	-27 + (1.36 X Yield Potential (bu/ac) -100) – N credit (lb/ac) or 110 + [1.36 X (Yield potential (bu/ac) -100)] – N credit (lb/ac)
IN	-27 + (1.36 X Yield Potential (bu/ac) -100) – N credit (lb/ac) or 110 + [1.36 X (Yield potential (bu/ac) -100)] – N credit (lb/ac)
MI	-27 + (1.36 X Yield Potential (bu/ac) -100) – N credit (lb/ac) or 110 + [1.36 X (Yield potential (bu/ac) -100)] – N credit (lb/ac)
MO	Fertilizer N recommendation (lbs/ac) - preplant N test credits (lbs/ac)
MT	N Fertilizer YG Recommendation (lbs/ac) - PSNT NO ₃ (lbs/ac) *Wheat
ND	Fertilizer N recommendation (lbs/ac)- Soil Nitrate Concentration (lbs/ac)- N Credits (lbs/ac)
NE	35+ (1.2 X EY (bu/ac)) – (8 X average ppm NO3 N in soil) – (.14 X EY (bu/ac) X %OM) - other N credits
OR	YG (bu/ac) X 1.6
PA	EY (bu/ac) X 1.2
IA	N Rate
WI	N Rate
MN	N Rate
IL	N Rate
ND	N Rate
MIN	N Rate
IL	N Rate
ND	N Rate

Un calculateur du taux de l'azote pour le maïs



Des applications Web

Nitrogen Price (\$/lb): 0.40
 Corn Price (\$/bu): 4.00
 Price Ratio: 0.10

$$N \text{ rate} = 35 + (1.2 \times EY \text{ (bu/ac)})$$

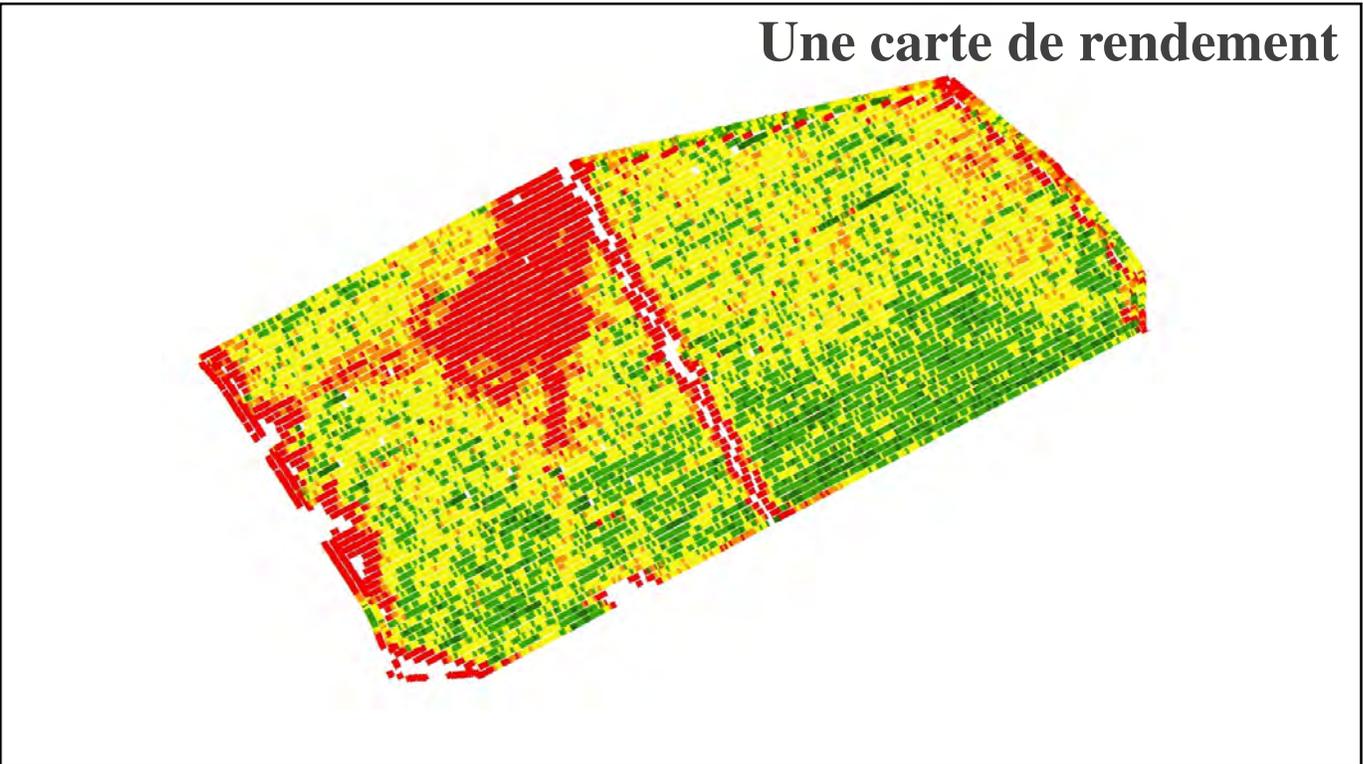


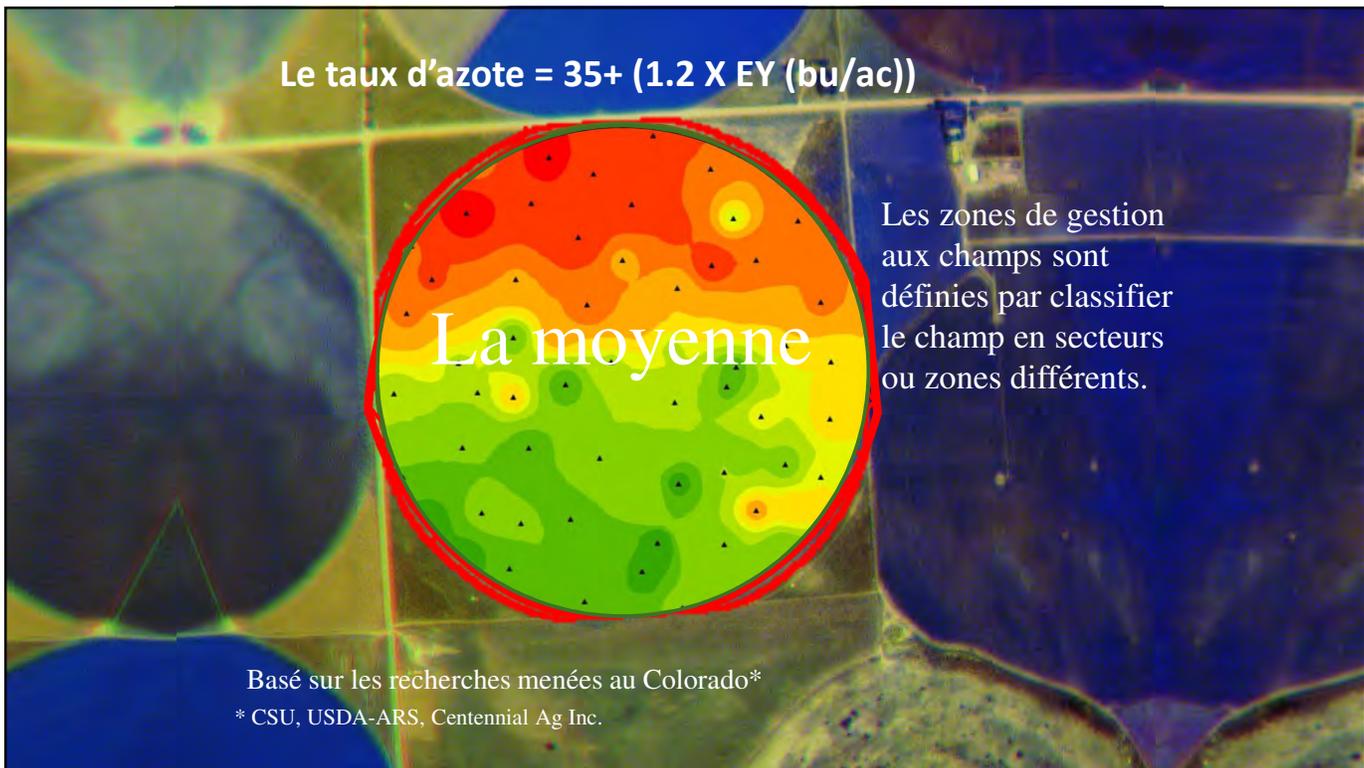
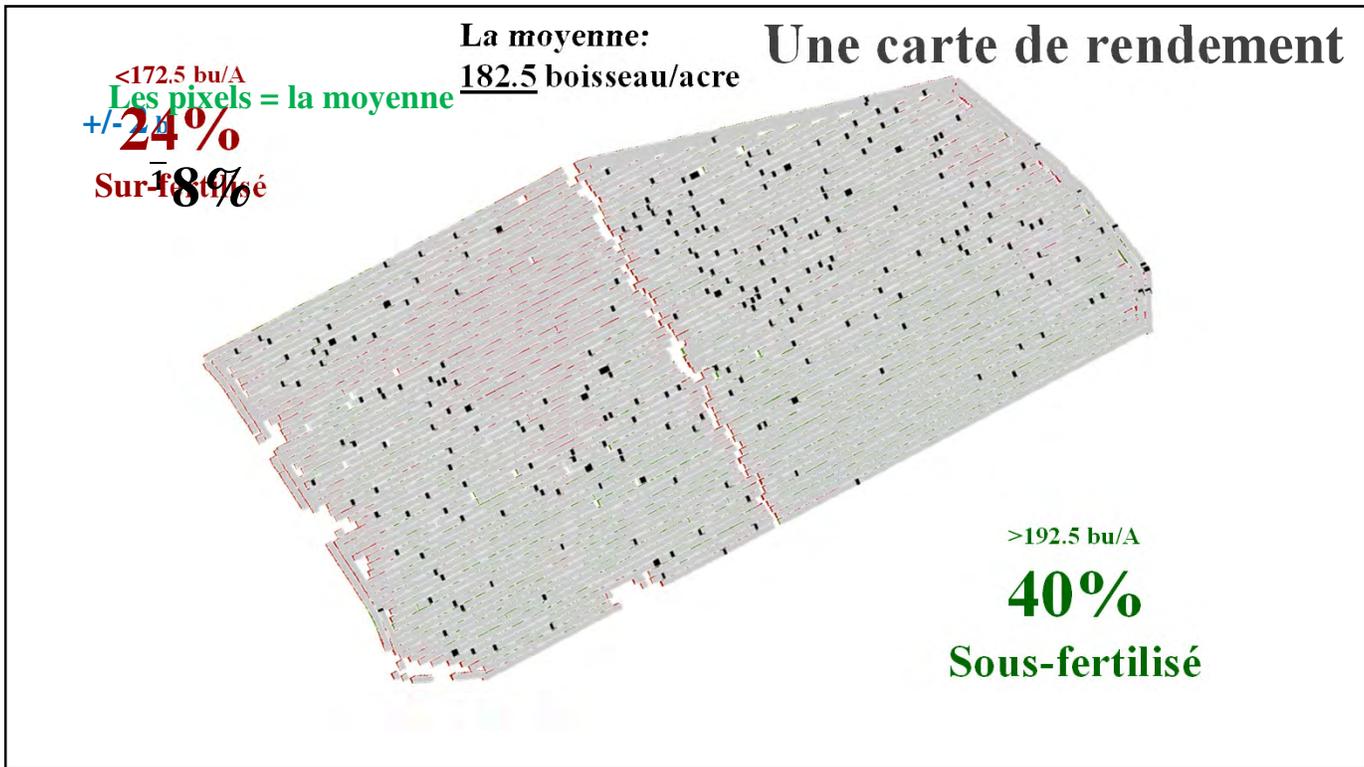
Connaissez-vous des gens qui gèrent encore par la moyenne (de rendement)

Nitrogen Rate (lbs/Acre)

N Rate, lb N/acre







Les zones de gestion

“Une sous-région du champ qui exprime une combinaison homogène des facteurs limitants du rendement”

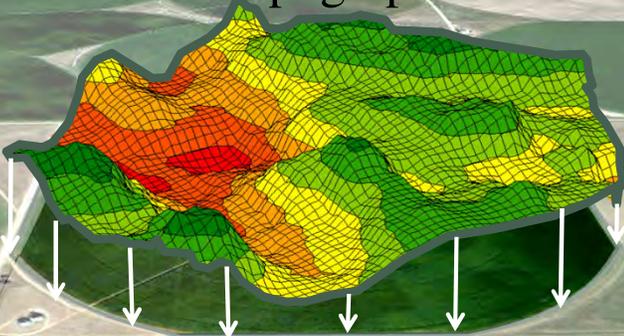
Au Colorado, on a développé **quatre** techniques pour définir les zones de gestion





Les zones de gestion...

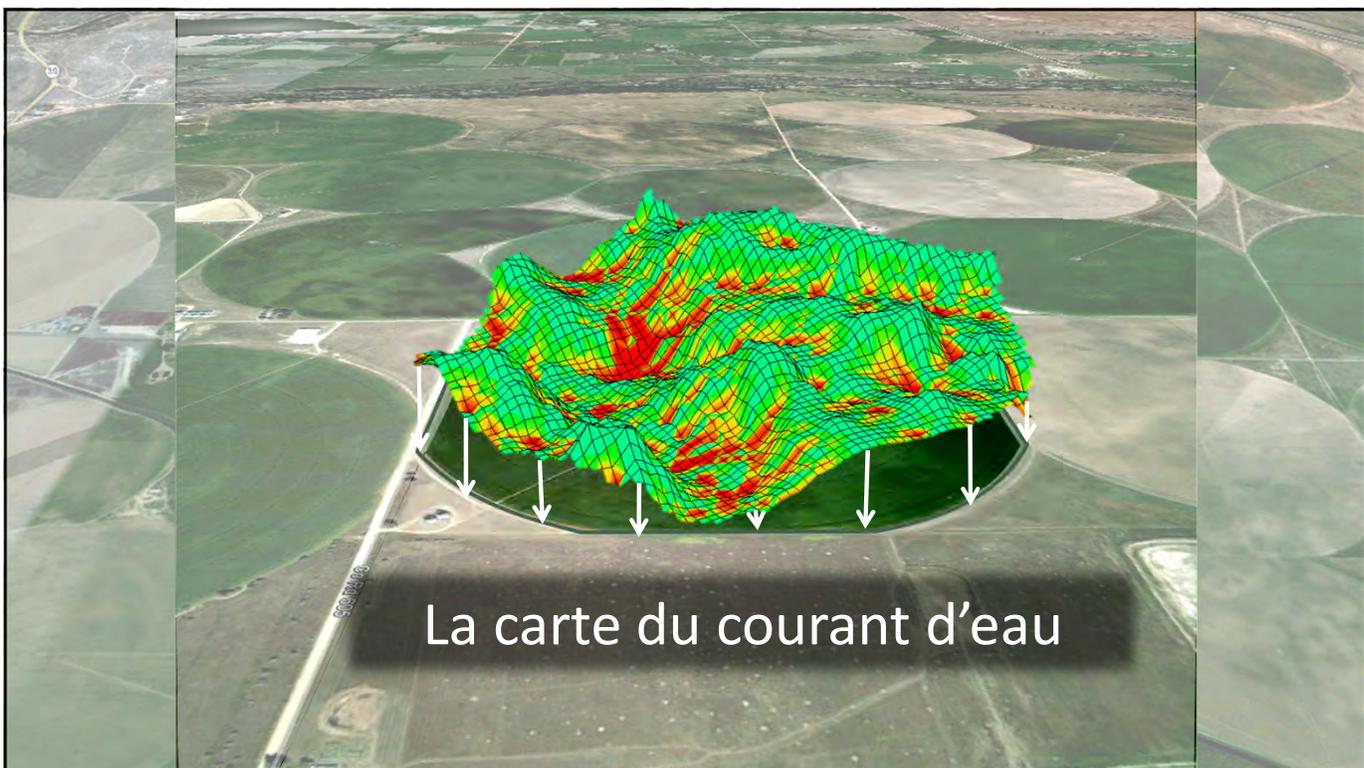
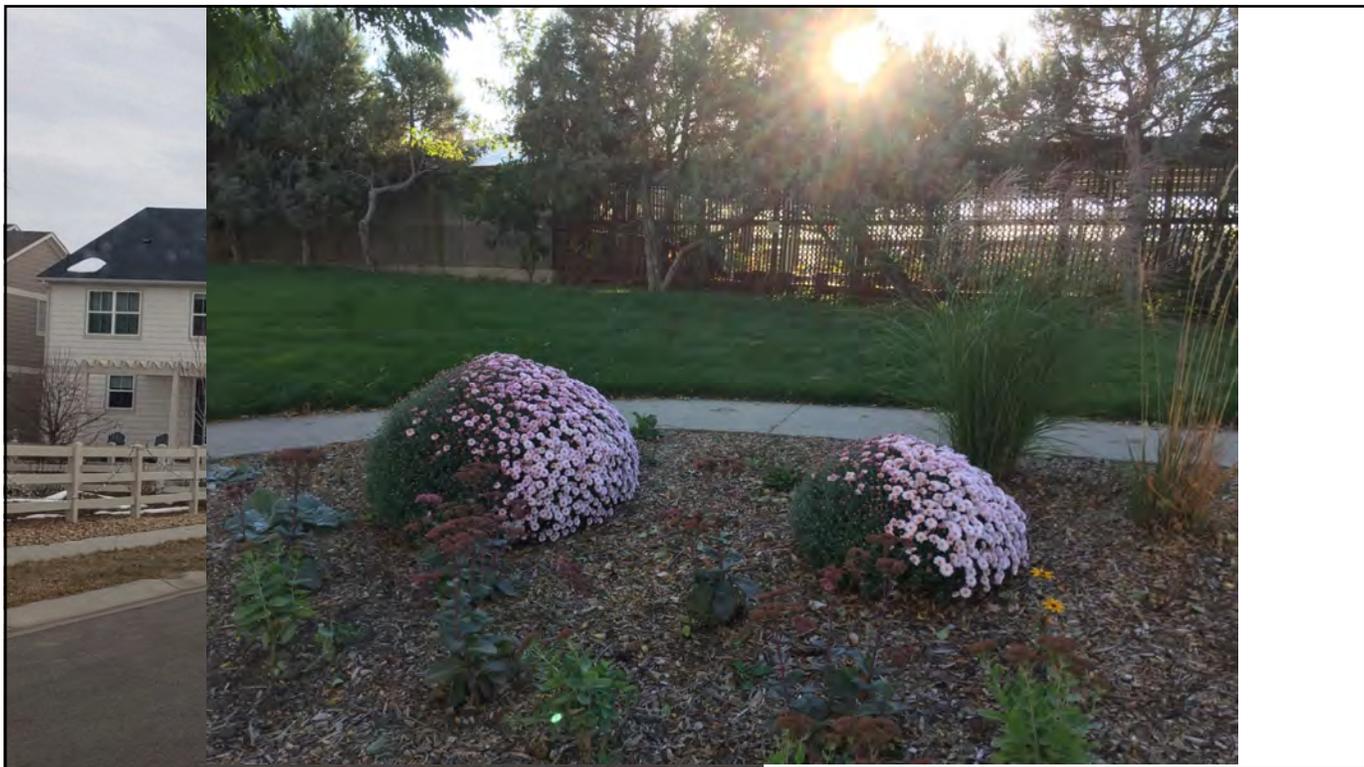
2. La topographie du champ

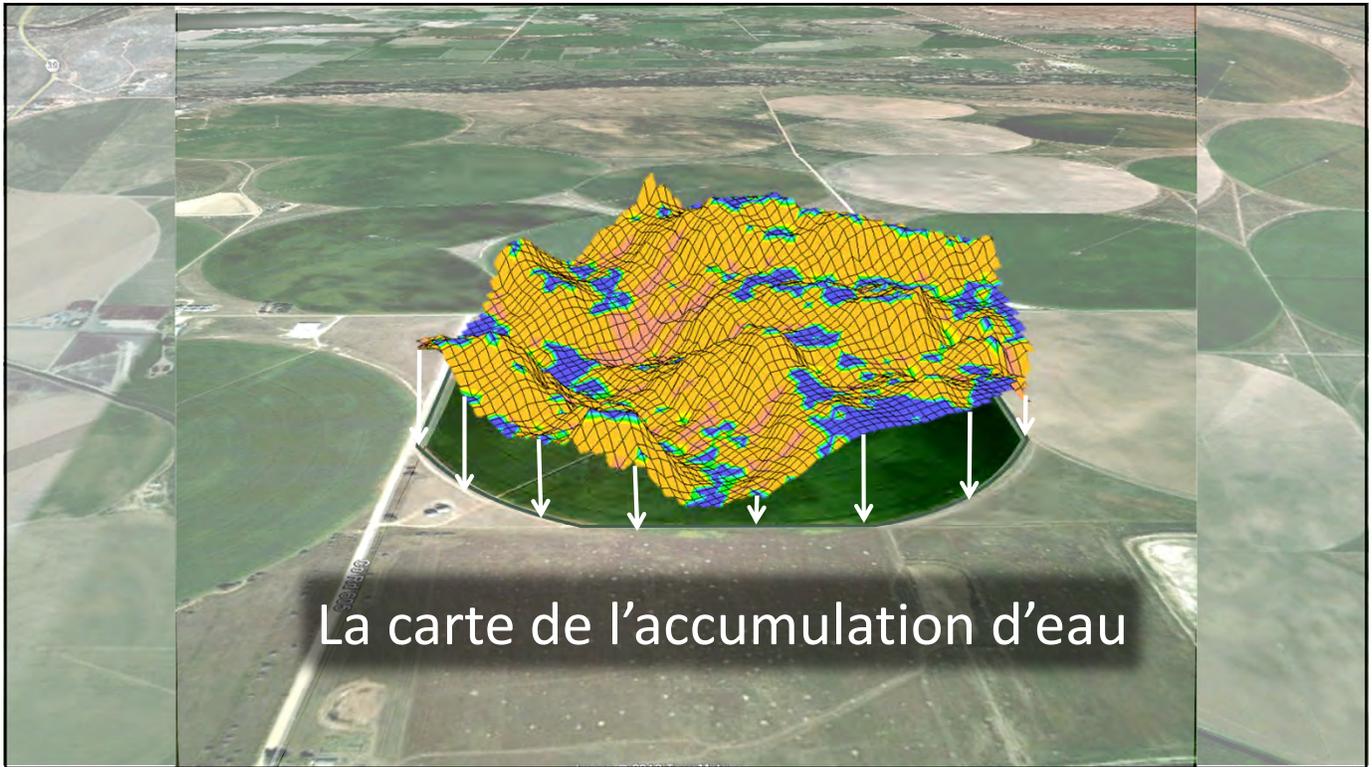


La carte d'élévation

Les rendements en graine correspondent à la topographie

The complex block features an aerial view of the same farm as the top image. Overlaid on the central field is a 3D topographic map. The map uses a color gradient from green (low elevation) to red (high elevation) to show the terrain's contours. White arrows point downwards from the 3D map to the ground level, indicating the correlation between the topography and the field's layout. The text 'La carte d'élévation' is prominently displayed in a white box, and a smaller box below it states 'Les rendements en graine correspondent à la topographie'.





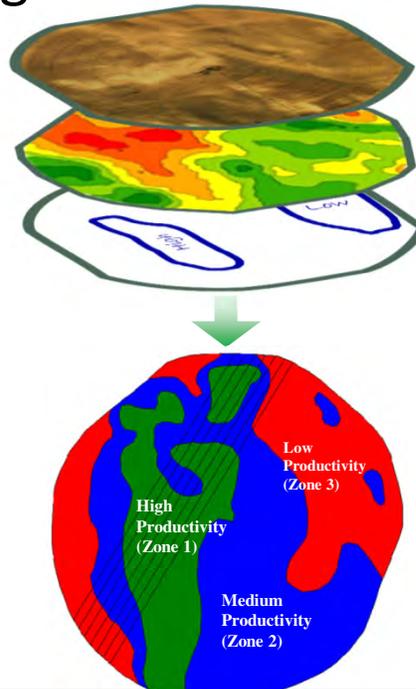
Les zones de gestion...

Les trois couches de données

- ✓ Les images aériennes
- ✓ La topographie
- ✓ L'expérience de l'agriculteur(trice)

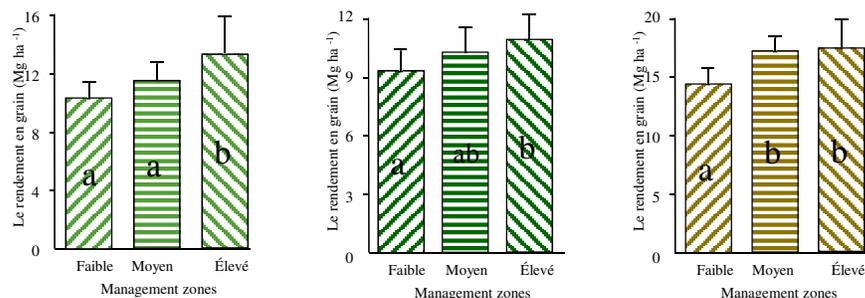
sont empilées (superposées) comme couches de SIG pour distinguer la zone

Des traits comme une couleur foncée, une basse topographie, et un rendement historiquement élevé permettent de désigner une zone potentiellement plus productive ou une zone élevée



Les zones de gestion...

La moyenne de rendement en grain à travers les zones de gestion



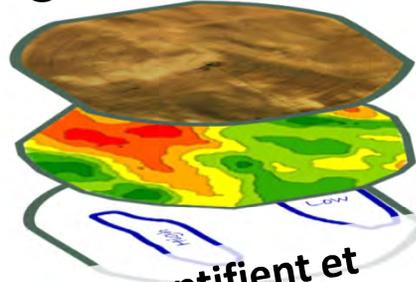
Up to 46% reduction in N loadings without impairing grain yields

Source: Koch, Khosla, et al. 2004

Les zones de gestion...

The three data layers

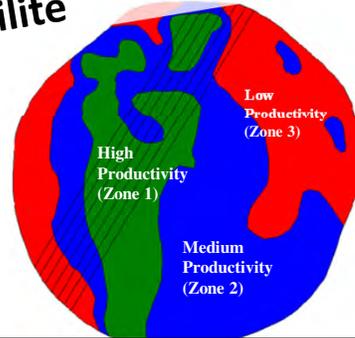
- ✓ Aerial Imagery
- ✓ Topography
- ✓ Farmer's experience



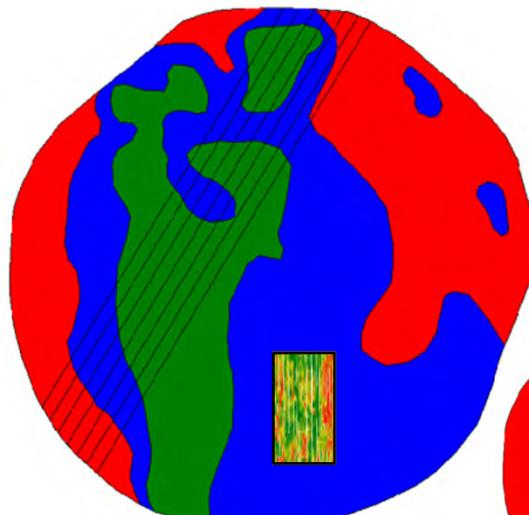
Les zones basées sur le sol quantifient et gèrent la macro-variabilité



are based on...
...color, low-lying topography, and historic high yields were designated as a zone of potentially high productivity or high zone

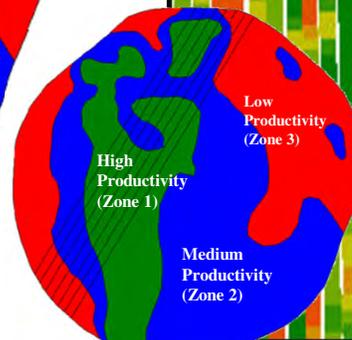


Gestion basée sur le sol



Macrovariabilité

Microvariabilité



Associer les zones de gestion aux détecteurs proximaux

$$\text{Le taux d'azote (kg ha}^{-1}\text{)} = (135.3 \times (\text{NDVI}_{\text{Ref.}} / \text{NDVI}_{\text{Target}})^2) - (134.8 \times (\text{NDVI}_{\text{Ref.}} / \text{NDVI}_{\text{Target}})) + 1$$

~96 lb/a

NDVI
0.41

~96 lb/a

NDVI
0.41

~96 lb/a

NDVI
0.41



Associer les zones de gestion aux détecteurs proximaux

$$\text{Le taux d'azote (kg ha}^{-1}\text{)} = (135.3 \times (\text{NDVI}_{\text{Ref.}} / \text{NDVI}_{\text{Target}})^2) - (134.8 \times (\text{NDVI}_{\text{Ref.}} / \text{NDVI}_{\text{Target}})) + 1$$

~92 lb/a

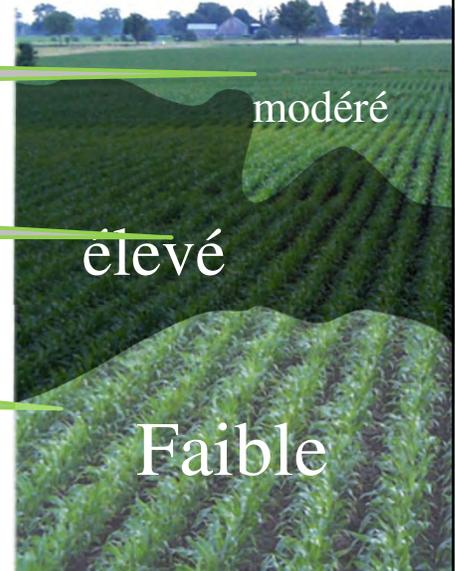
NDVI
0.41

~144 lb/a

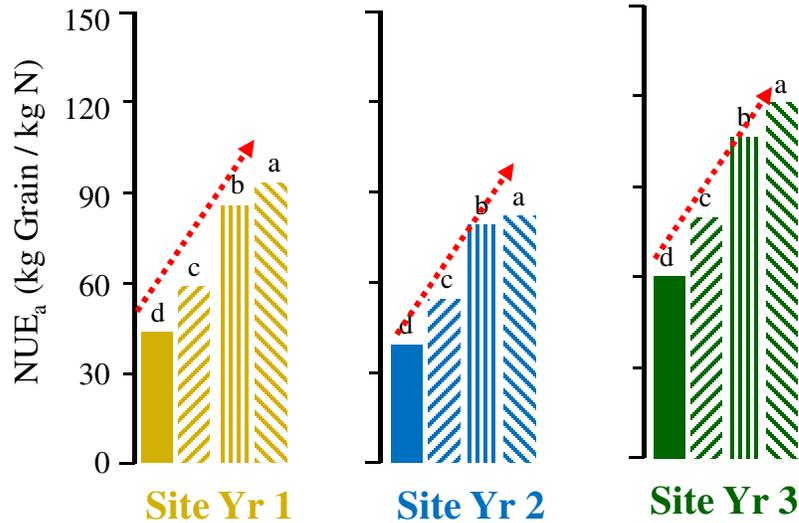
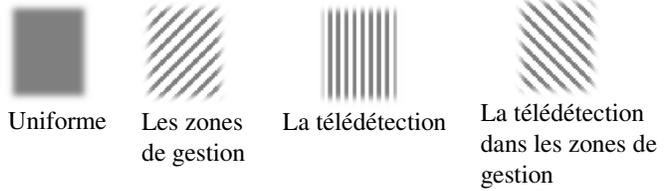
NDVI
0.41

~37 lb/a

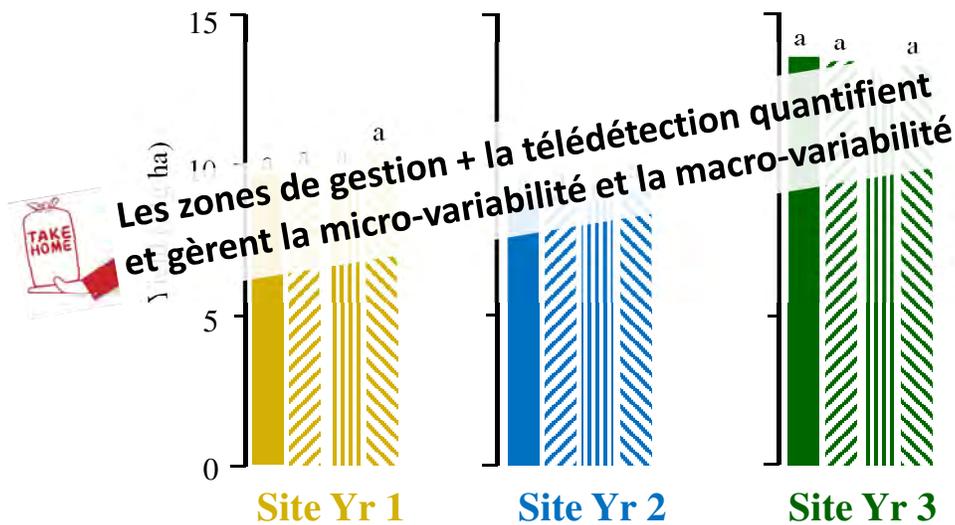
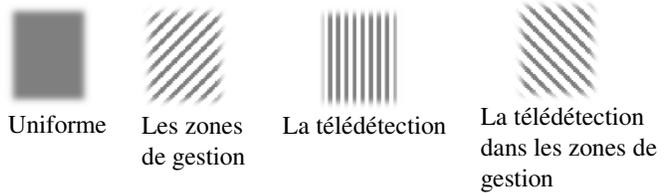
NDVI
0.41



L'efficacité d'utilisation de l'azote ?



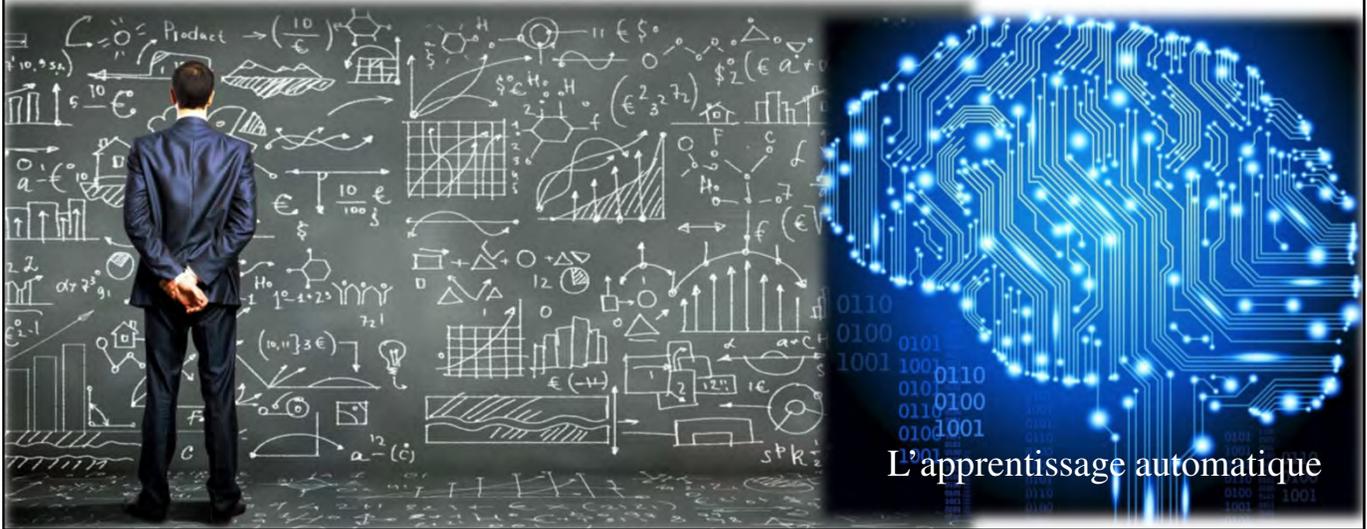
Le rendement

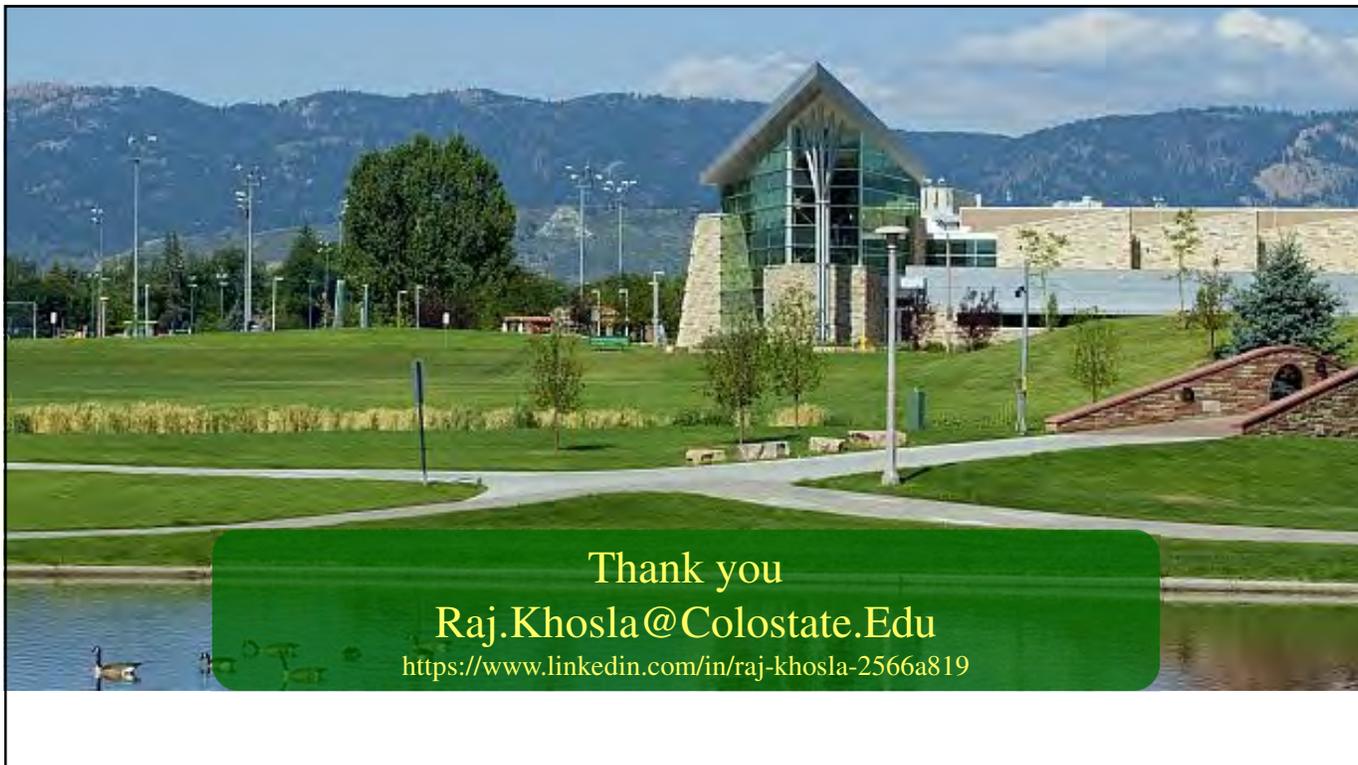


A Way Forward

La voie de l'avenir

Il y aura encore plus de modèles de sol et de la culture qui englobent plusieurs d'autres paramètres sensibles





Thank you

Raj.Khosla@Colostate.Edu

<https://www.linkedin.com/in/raj-khosla-2566a819>



LES TECHNOLOGIES POUR L'EFFICIENCE DE L'AGRICULTURE

EXEMPLES D'APPLICATION

Vincent Lamarre, ing., agr.
ITA, campus de La Pocatière

Colloque agriculture numérique et
agriculture de précision
4 mars 2020

Votre
gouvernement

Québec

PLAN DE PRÉSENTATION

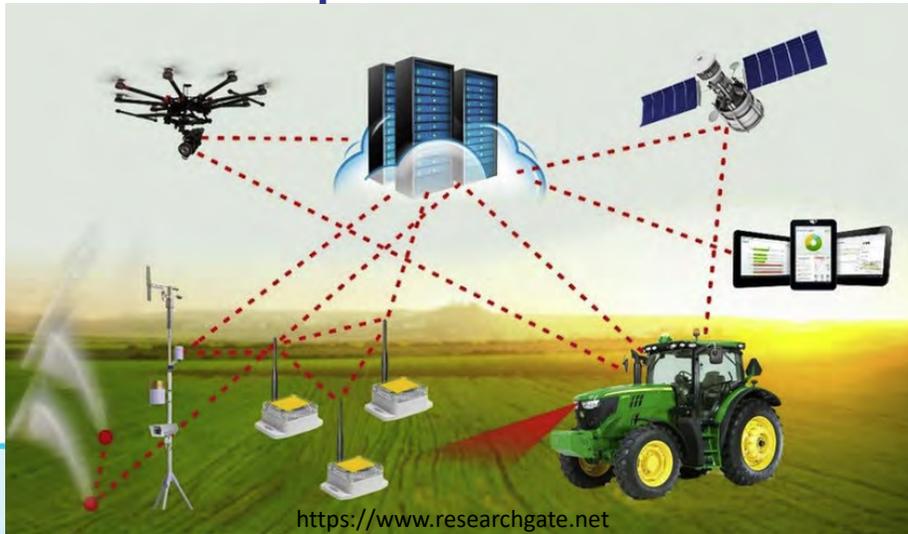
- L'agriculture numérique et de précision en bref
- Exemple agriculture de précision
- Exemple agriculture numérique
- Recommandations
- Conclusion

Votre
gouvernement

Québec



L'agriculture numérique et de précision en bref



Votre
gouvernement

Québec

L'agriculture numérique et de précision en bref



Votre
gouvernement

Québec



EXEMPLE AGRICULTURE DE PRÉCISION

Gestion hydrique de surface par intervention localisée



Améliorer l'infiltration de l'eau de surface et
favoriser l'égouttement du surplus



Nivelage microtopographique du fond de terre



Utilisation du GPS en précision RTK

Votre
gouvernement

Québec



Crédit: Dominique Gauthier

NIVELAGE MICROTOPOGRAPHIQUE

BILAN POSTNIVELLEMENT 2009-2019

Superficie	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
20 ha	Maïs	Soya	Blé	Maïs	Soya	Avoine	Maïs	Maïs	Maïs	Soya	Maïs	Soya	Blé	Soya
25%	8877	4164	3100	10517	4637	5173	11743	10973	7992	3547	11540	4259	8143	4646
25%	7414	3672	2438	8800	4166	4394	10688	9971	7171	3040	10550	3769	7632	4165
25%	6279	3271	1911	8800	3857	3456	9778	8397	5952	2755	9458	3255	7178	3866
25%	3969	2419	1025	6580	3016	1875	7633	5408	3364	2283	6499	2420	2345	3026
Moyenne	6635	3381	2119	8674	3919	3725	9960	8687	6120	2906	9512	3426	6324	3926
Écart max	4908	1745	2074	3937	1621	3298	4109	5565	4628	1264	5041	1839	5798	1620
Écart moyen	1636	582	691	1312	540	1099	1370	1855	1543	421	1680	613	1933	540

Avant nivellement

Après nivellement

Votre gouvernement

Rendement exprimé en kg/ha

Québec

NIVELAGE MICROTOPOGRAPHIQUE

BILAN POSTNIVELLEMENT 2009-2019

Superficie	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
20 ha	Maïs	Soya	Blé	Maïs	Soya	Avoine	Maïs	Maïs	Maïs	Soya	Maïs	Soya	Blé	Soya
25%	8877	4164	3100	10517	4637	5173	11743	10973	7992	3547	11540	4259	8143	4646
25%	7414	3672	2438	8800	4166	4394	10688	9971	7171	3040	10550	3769	7632	4165
25%	6279	3271	1911	8800	3857	3456	9778	8397	5952	2755	9458	3255	7178	3866
25%	3969	2419	1025	6580	3016	1875	7633	5408	3364	2283	6499	2420	2345	3026
Moyenne	6635	3381	2119	8674	3919	3725	9960	8687	6120	2906	9512	3426	6324	3926
Écart max	4908	1745	2074	3937	1621	3298	4109	5565	4628	1264	5041	1839	5798	1620
Écart moyen	1636	582	691	1312	540	1099	1370	1855	1543	421	1680	613	1933	540

Avant nivellement

Après nivellement

Votre gouvernement

Rendement exprimé en kg/ha

Québec



NIVELAGE MICROTOPOGRAPHIQUE

BILAN POSTNIVELLEMENT 2009-2019

Effet monoculture de maïs

Superficie	2012	2013	2014
20 ha	Maïs	Maïs	Maïs
25%	11743	10973	7992
25%	10688	9971	7171
25%	9778	8397	5952
25%	7633	5408	3364
Moyenne	9960	8687	6120
Écart max	4109	5565	4628
Écart moyen	1370	1855	1543

Effet rotation après monoculture de maïs

Superficie	2015	2016	2017	2018	2019
20 ha	Soya	Maïs	Soya	Blé	Soya
25%	3547	11540	4259	8143	4646
25%	3040	10550	3769	7632	4165
25%	2755	9458	3255	7178	3866
25%	2285	6499	2420	2345	3026
Moyenne	2906	9512	3426	6324	3926
Écart max	1264	5041	1839	5798	1620
Écart moyen	421	1680	613	1933	540

Votre gouvernement

Rendement exprimé en kg/ha

Québec

NIVELAGE MICROTOPOGRAPHIQUE

IDENTIFICATION DES ZONES À FAIBLES RENDEMENTS

Zone 0-6 t/ha
11% superficie



Zone 6-7 t/ha
10% superficie

Votre gouvernement

Moyenne Rendement 6 ans

Québec



CALCULER LA PERTE ÉCONOMIQUE APPRÉHENDÉE EN POSANT UNE HYPOTHÈSE RÉALISTE

- Pertes de maïs 3t/ha, une année sur trois (excès de précipitations)
- Pertes de maïs 1,5t/ha, deux années sur trois (précipitations normales)
- Maïs à 200\$/t

Votre gouvernement

Québec

CALCULER LA PERTE ÉCONOMIQUE APPRÉHENDÉE

Problème moyen

Zone mal égouttée de 4,5 hectares maïs

Année	Superficie ha	Pertes t/ha	Pertes t	Prix \$/t	Total \$
An 1	4,5	3	13,50	200	2700
An 2	4,5	1,5	6,75	200	1350
An 3	4,5	1,5	6,75	200	1350
Pertes 3 ans					5400

Perte moyenne par an = 1800\$
Perte moyenne par ha/an = 400\$

Votre gouvernement

Québec

Club conseil; Club Agro Acton



CALCULER LA PERTE ÉCONOMIQUE APPRÉHENDÉE EN POSANT UNE HYPOTHÈSE RÉALISTE

- Pertes de maïs 5t/ha, une année sur trois (excès de précipitations)
- Pertes de maïs 2,5t/ha, deux années sur trois (précipitations normales)
- Maïs à 200\$/t

CALCULER LA PERTE ÉCONOMIQUE APPRÉHENDÉE

Problème sévère

Zone mal égouttée de 4,5 hectares maïs

Année	Superficie ha	Pertes t/ha	Pertes t	Prix \$/t	Total \$
An 1	4,5	5	22,5	200	4500
An 2	4,5	2,5	11,25	200	2250
An 3	4,5	2,5	11,25	200	2250
Total	3 ans				9000

Perte moyenne par an = 3000\$

Perte moyenne par ha/an = 667\$

INTÉRÊTS ÉCONOMIQUES DES CORRECTIFS

Correctifs possibles	Coûts approximatifs
Nivellement et profilage de planches	500\$/ha
Avaloirs raccordés aux drains existants	400 \$
Puits d'infiltration raccordés aux drains existants	300 \$
Tranchées filtrantes raccordées aux drains existants	300\$ / 10m
Creusage de fossés et reprofilage du terrain	250\$ / 100m
Relevé topographique de précision (10 à 20 ha)	500\$ à 1000\$
Drain et sortie indépendante 100m de long et 150 mm Ø	800 \$
Drainage souterrain	2500\$/ha

Votre
gouvernement

Club conseil; Club Agro Acton

Québec

INTÉRÊTS ÉCONOMIQUES DES CORRECTIFS

Zone mal égouttée de 4,5ha (avec drainage souterrain)	Coûts
Pertes	
Pertes de 400\$/ha pour 4,5 hectares	1800\$
Correctifs	
Relevé de précision	700 \$
Profilage de planche et nivellement 5 ha x 500\$/heure	2 500 \$
Divers	300 \$
Total coûts	3500\$/ha

Délais de récupération de l'investissement:

$$3500\$ / 1800\$ = 1,95 \text{ année}$$

Votre
gouvernement

Club conseil; Club Agro Acton

Québec



INTÉRÊTS ÉCONOMIQUES DES CORRECTIFS

Zone mal égouttée 11,6ha (sans drainage souterrain)	Coûts
Pertes	
Pertes de 667\$/ha pour 11,6 hectares	7 737 \$
Correctifs	
Drainage souterrain 13ha x 2500\$/ha	32 500 \$
Tranchée filtrante 40m x 30\$/m	1 200 \$
Nivellement et profilage de planches 13ha x 500\$/ha	6 500 \$
Relevé de précision + plan de drainage	1 800 \$
Divers	2 500 \$
Total coûts	44 500 \$

Votre
gouvernement

Délais de récupération de l'investissement:

$44\ 500\$ / 7\ 737\$ = 5,75$ ans

Club conseil; Club Agro Acton

Québec

BILAN DE L'EXERCICE

- **Pertes importantes dans les zones mal égouttées**
+/- 400\$ à 667\$/ha-an
- **Coûts des correctifs récupérés rapidement**
 - **Moyenne de 2 ans si terre déjà drainée**
 - **Moyenne de 5 à 6 ans s'il faut drainer en plus**
- **Importance des travaux d'aménagement pour le maintien de la santé des sols**
- **Ne tolérez pas ces problèmes**

Votre
gouvernement

Québec

EXEMPLE AGRICULTURE NUMÉRIQUE

Diagnostic santé globale des sols



Améliorer la connaissance des sols



Caractérisation des sols
(physique, chimique, microbiologie)



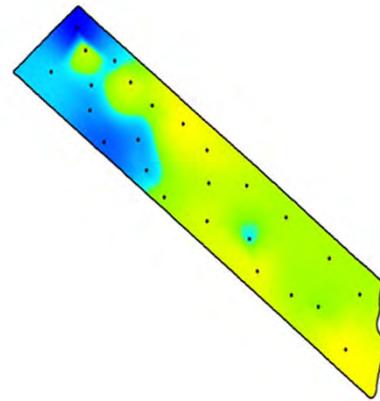
Utilisation de la science interdisciplinaire
au service de l'agriculture

CARTOGRAPHIE DE LA COMPACTION

- **Ce qui est mesuré:**
 - Pression de pénétration
- **Pression de pénétration est fonction de:**
 - Densité du sol (forte densité = compaction);
 - Humidité du sol (pression de pénétration varie en fonction de l'humidité);
 - Pression de 300 PSI (Indice de 6,0) désigne un sol compacté ayant une influence négative sur la végétation.

CARTOGRAPHIE DE LA COMPACTION

- Géoréférencement des points de mesures
- 3 répétitions pour une mesure,
- Traitement des données, cartes et graphiques



AgroEnviroLab

Votre
gouvernement

Québec

AUTOMATISATION DES OPÉRATIONS



AgroEnviroLab

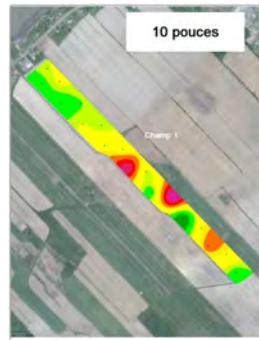
Source UGT Soil Science

Votre
gouvernement

Québec

Cartographie de la compaction à différentes profondeurs

Résistance du sol à la pression, (indice)

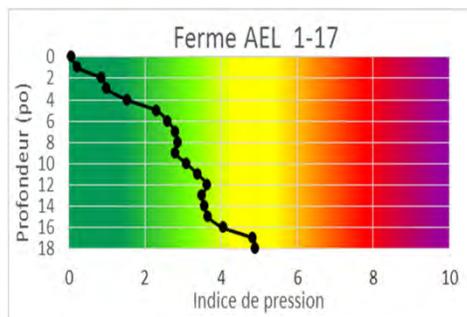


AgroEnviroLab

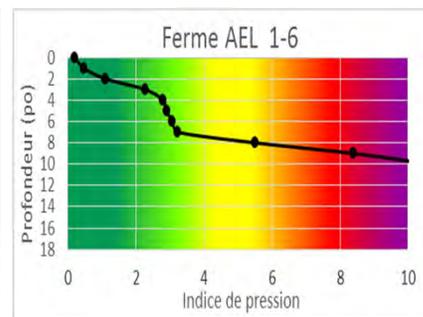
Votre gouvernement

Québec

PROFILS DE RÉSISTANCE, PAR POINT DE MESURE



Sol normal



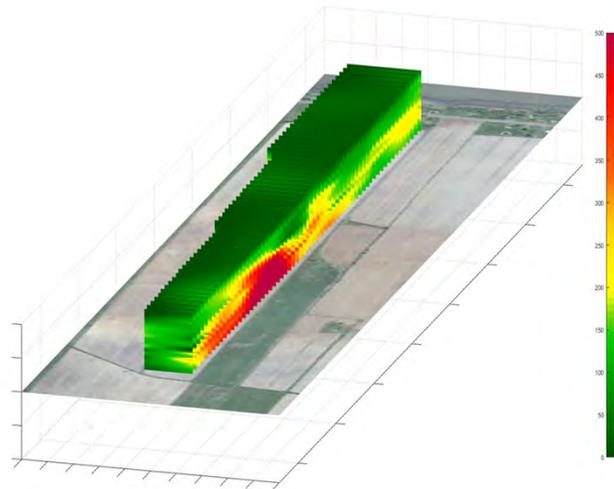
Sol très compact à 8 pouces

AgroEnviroLab

Votre gouvernement

Québec

REPRÉSENTATION 3D DE LA COMPACTION

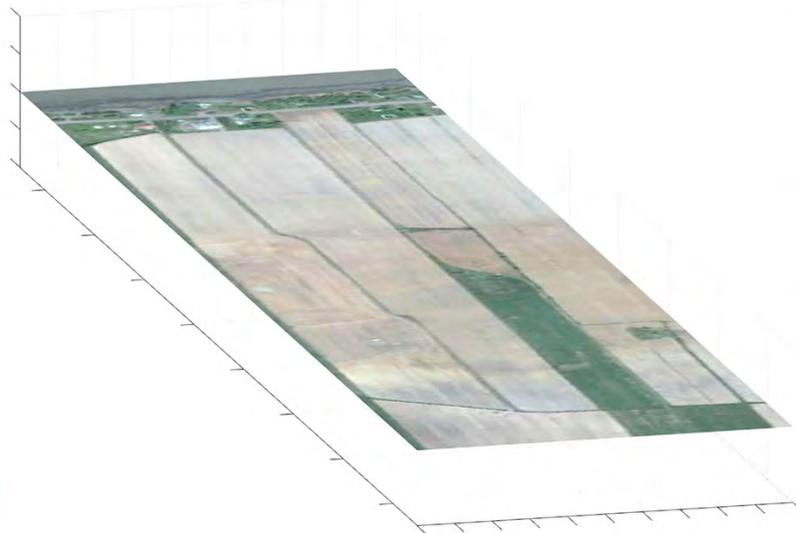


AgroEnviroLab

Votre
gouvernement

Québec

REPRÉSENTATION 3D DE LA COMPACTION

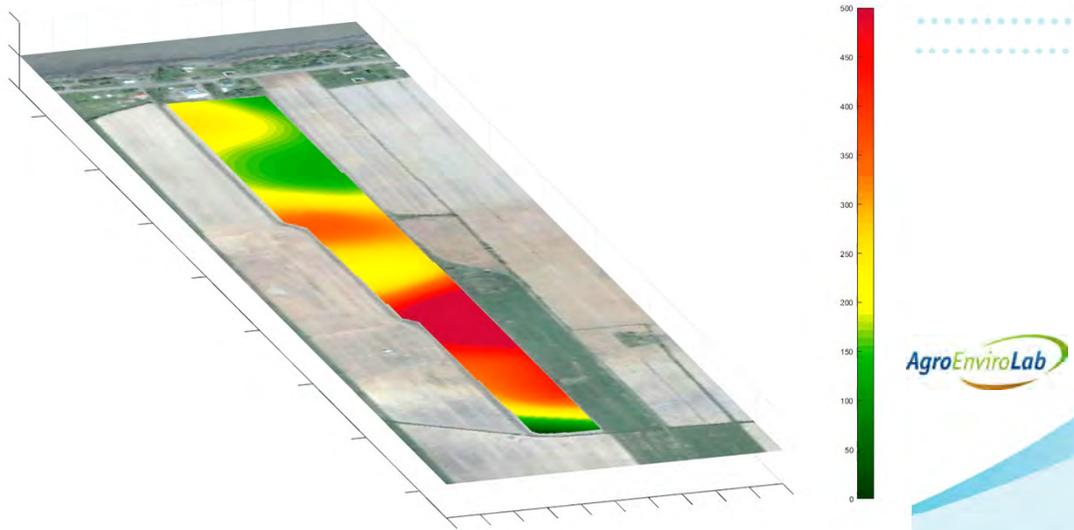


AgroEnviroLab

Votre
gouvernement

Québec

REPRÉSENTATION 3D DE LA COMPACTION



Votre gouvernement

Québec

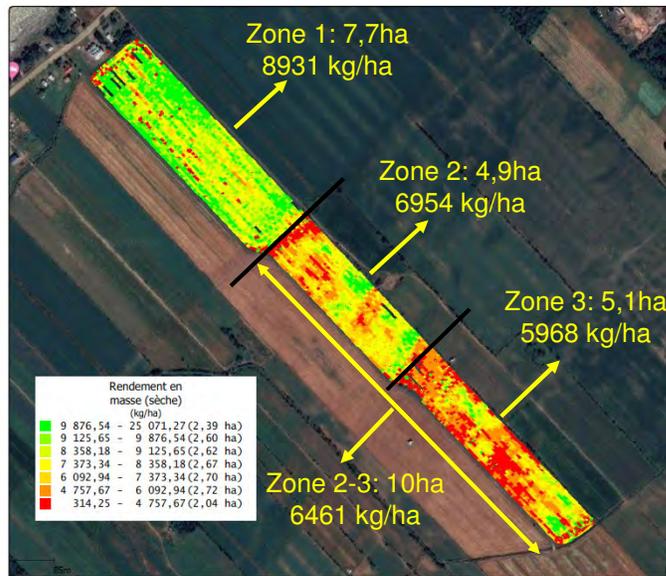
RENDEMENT VS LA COMPACTION À 18 PO



Votre gouvernement

Québec

INTÉRÊTS ÉCONOMIQUES DES CORRECTIFS

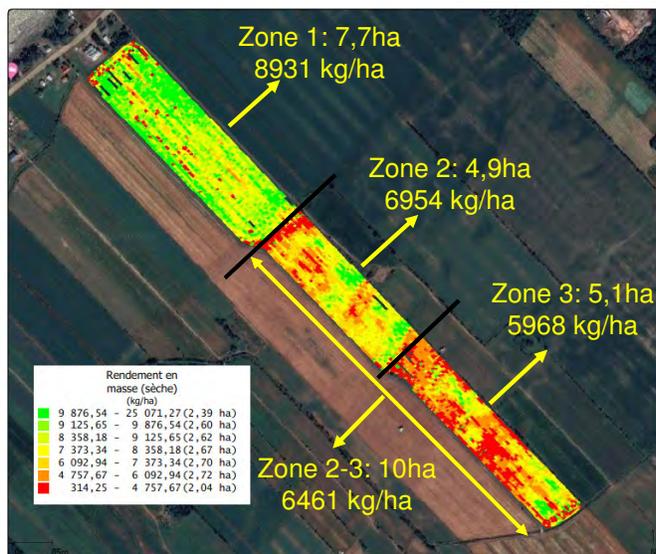


AgroEnviroLab

Votre gouvernement

Québec

INTÉRÊTS ÉCONOMIQUES DES CORRECTIFS



HYPOTHÈSE 1

Rendement maïs zone 3 augmente à la moyenne de la zone 2-3 à 200\$/tonne

5968kg/ha → 6461kg/ha

Gain 2514 kg

503\$

Gain de 99\$/ha

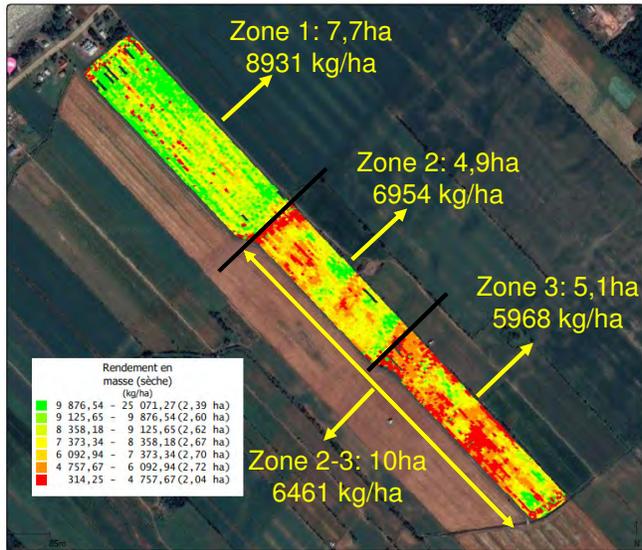
Votre gouvernement

Rendement moyen du champ de 17,7ha:
7533kg /ha

Québec



INTÉRÊTS ÉCONOMIQUES DES CORRECTIFS

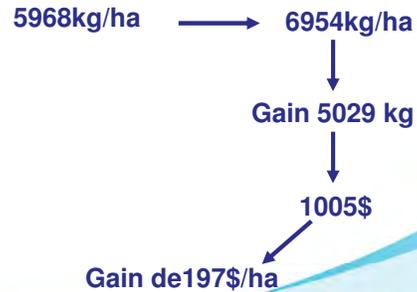


Votre gouvernement

Rendement moyen du champ de 17,7ha:
7533kg /ha

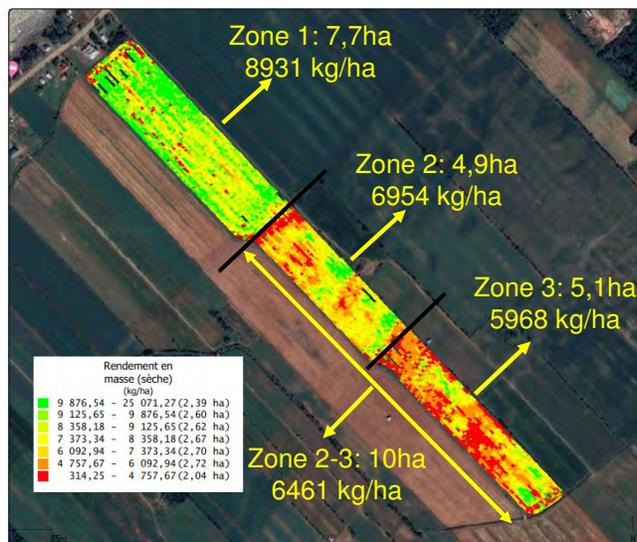
HYPOTHÈSE 2

Rendement de maïs zone 3 augmente au rendement de la zone 2 à 200\$/tonne



Québec

INTÉRÊTS ÉCONOMIQUES DES CORRECTIFS

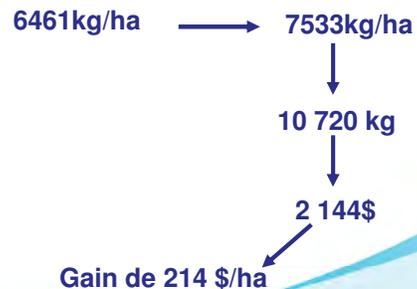


Votre gouvernement

Rendement moyen du champ de 17,7ha:
7533kg /ha

HYPOTHÈSE 3

Rendement maïs zones 2-3 augmente à la moyenne du champ de 7533 kg/ha à 200\$/tonne



Québec

INTÉRÊTS ÉCONOMIQUES DES CORRECTIFS

Quels sont les correctifs à effectuer?

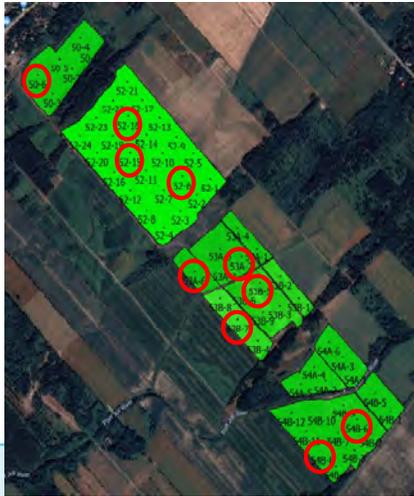
Démarche de diagnostic qui devrait comprendre entre autres des profils de sol à effectuer et autres évaluations physiques pour valider des hypothèses:

- Compaction par les machineries;
- Formation naturelle des sols;
- Zone de travaux mécanisés de remblais suite à un défrichage;
- Zone d'ancien fossé;
- Zone de résurgence.

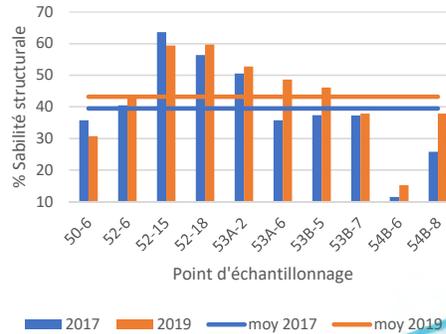
ÉVOLUTION DES INDICATEURS DE SANTÉ DES SOLS

- L'avantage d'avoir accès à un maximum d'informations est de pouvoir générer des cartes de rendement pluriannuelles qui mettent en évidence les bonnes zones versus les moins bonnes zones d'un champ.
- Mettre en lien des cartes de santé globale des sols avec la carte de rendement pluriannuelle permet de mettre en évidence les faiblesses de certaines zones afin de pouvoir adapter nos pratiques culturales.
- Cependant même s'il peut être évident à première vue que certains indicateurs ont une corrélation entre eux, il est peut-être nécessaire d'utiliser des outils statistiques pour établir une évaluation plus précise en considérant les facteurs limitants.

ÉVOLUTION DES INDICATEURS DE SANTÉ DES SOLS



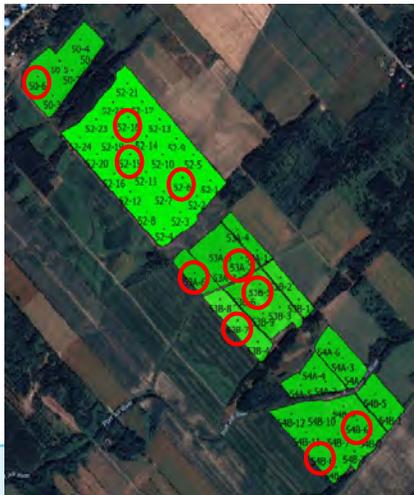
Comparaison stabilité structurale entre 2017 et 2019



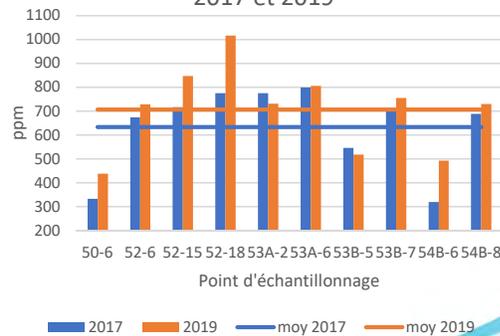
Les pratiques culturales ont un effet sur les indicateurs de santé des sols. Ainsi il est permis de faire évoluer ces pratiques.



ÉVOLUTION DES INDICATEURS DE SANTÉ DES SOLS



Comparaison du carbone actif entre 2017 et 2019

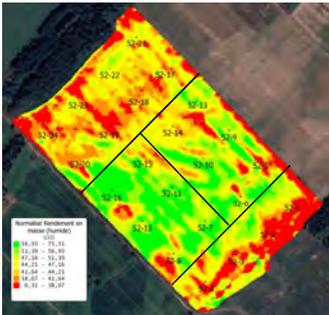


Les pratiques culturales ont un effet sur les indicateurs de santé des sols. Ainsi il est permis de faire évoluer ces pratiques.

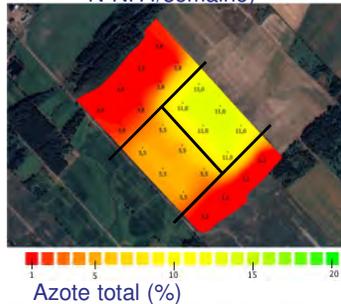


ÉVOLUTION DES INDICATEURS DE SANTÉ DES SOLS

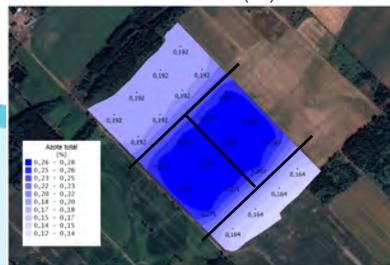
Carte pluriannuelle normalisée 2016-2018



Azote potentiellement minéralisable (ppm N-NH4/semaine)



Proportion des agrégats (%)



ÉVOLUTION DES INDICATEURS DE SANTÉ DES SOLS

CARACTÉRISATION DES SOLS EN TEMPS RÉEL



Smart Firmer de Precision Planting
Temp, TEE, M.O., Résidus



Delta Force, Precision Planting
Pression des ouvres sillons variable

<https://agrivisionsolutions.com/product/deltaforce/>

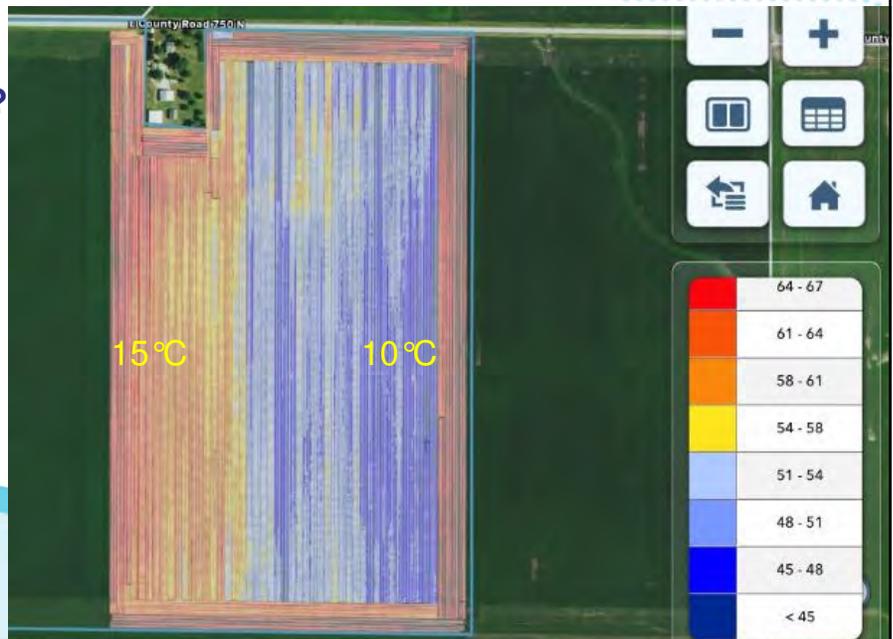


CARACTÉRISATION DES SOLS EN TEMPS RÉEL

Carte de températures du sol; impact sur l'émergence?

"Il a fait froid hier soir! Quatre tours ont été fait sur les bordures et extrémités du champ. Le semis a commencé du côté ouest du champ. Terminé 20 minutes après minuit." **Brett A. Ochs, Ohio**

Votre
gouvernement



CARACTÉRISATION DES SOLS EN TEMPS RÉEL



Votre
gouvernement

Québec

RECOMMANDATIONS

- **PRENDRE LE TEMPS DE FAIRE LE SUIVI DES CHAMPS (BILAN DES OPÉRATIONS).**
- **S'ENTOURER DE SPÉCIALISTES DU DOMAINE.**
- **PRATIQUER DES AMÉNAGEMENTS LOCALISÉS SOLS POUR LA RÉALISATION DE PRATIQUES CULTURALES DANS DE BONNES CONDITIONS.**
- **PROFITER DES OPÉRATIONS CULTURALES POUR RECUEILLIR DES INFORMATIONS GÉORÉFÉRENCÉES SUR LES SOLS ET CULTURES.**
- **ÉTABLIR UNE CELLULE DE VEILLE TECHNOLOGIQUE AVEC L'AIDE DE PROFESSIONNELS POUR EFFECTUER DES DIAGNOSTICS.**

CONCLUSION

- **LA DÉMOCRATISATION DES TECHNOLOGIES D'AGRICULTURE DE PRÉCISION ET LEURS APPLICATIONS OUVRE UN POTENTIEL D'OPTIMISATION DES PRATIQUES CULTURALES PAR UNE PLUS GRANDE CONNAISSANCE DES SOLS.**
- **LA SCIENCE AU SERVICE DE L'AGRICULTURE VA FAVORISER DES COLLABORATIONS ENTRE DIFFÉRENTS SPÉCIALISTES.**
- **RESTE UN DÉFI D'HARMONISATION DES INFORMATIONS GÉORÉFÉRENCÉS POUR FACILITER LA COMPATIBILITÉ AVEC LES DIFFÉRENTS OUTILS D'AGRICULTURE DE PRÉCISION.**





Agriculture and
Agri-Food Canada

Agriculture et
Agroalimentaire Canada



L'élevage intelligent sera-t-il à la base de la prochaine révolution agricole? État de la situation

Candido Pomar, Aline Remus et Melissa Duplessis

Agriculture et Agroalimentaire Canada

Centre de recherches et de développement de Sherbrooke

Canada

Introduction

Les productions animales, une industrie dynamique



✓ Les productions animales doivent continuellement s'adapter:

- aux changements des règles du **commerce international**
- aux réductions progressives du **soutien gouvernemental**
- à une société qui augmente ses exigences de **bien-être animal** et les **normes environnementales**
- une augmentation du **coût des aliments** et du **coût de production**,
- à une diminution de la **disponibilité de la protéine alimentaire...**

Introduction

La quête mondiale pour des protéines

La demande mondiale de protéines végétales augmente rapidement en lien avec l'augmentation de la population humaine

Les besoins croissants pour des protéines végétales soulèvent d'importantes questions sur la façon dont sa production pourra suivre **la demande croissante de protéines de haute qualité pour les humains et le bétail**



Introduction

Un regard vers le futur

- ✓ **Les productions animales doivent aussi s'adapter à des nouvelles réalités:**
 - Une réduction de la **disponibilité de la main-d'œuvre**
 - Une **relève** qui souhaite des conditions de travail plus adaptées à ses capacités et à la conciliation travail-famille



Introduction

Améliorer l'efficacité économique et nutritionnelle

La question est non seulement de produire plus, mais de :



Produire la même viande avec moins de protéine



Réduire le coût de production



Produire de manière durable

Introduction

L'élevage de précision, un gage d'avenir pour les productions animales

Nous sommes à la veille d'une nouvelle révolution agricole où:

- Des **capteurs et dispositifs intelligents** produiront de grandes quantités de données
- L'**Internet des objets (IoT)** offrira un nouvel avantage pour l'innovation et la productivité
- L'intégration des **Données Massives (Big Data)** et de **l'intelligence artificielle** ouvrira les frontières d'une nouvelle ère de l'information
- L'utilisation de **modèles de prédiction et d'optimisation** évolués fournira des capacités de prise de décision et d'automatisation sans précédent

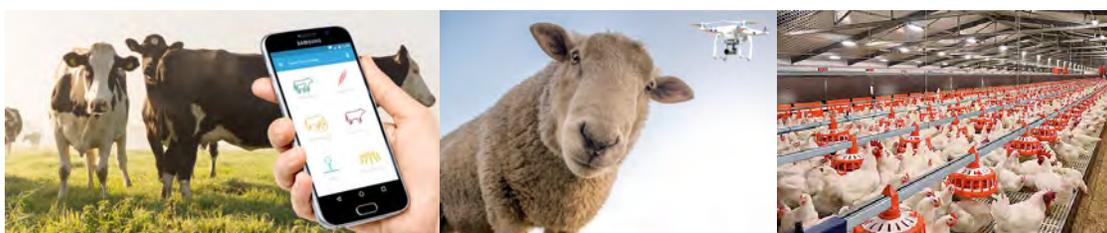


L'élevage s'automatisera et deviendra précis et intelligent

Technologies disponibles pour l'élevage de précision

Pour l'élevage de précision, les mesures seront,

- ✓ **INDIVIDUELLES** chez la vache laitière, le bœuf, le porc
- ✓ **INDIVIDUELLES OU EN GROUPE** chez le mouton, la chèvre, etc.
- ✓ **EN GROUPE** chez la volaille



Technologies disponibles pour l'élevage de précision

- ✓ **Vache laitière**
- ✓ **Porc**
- ✓ **Volaille**



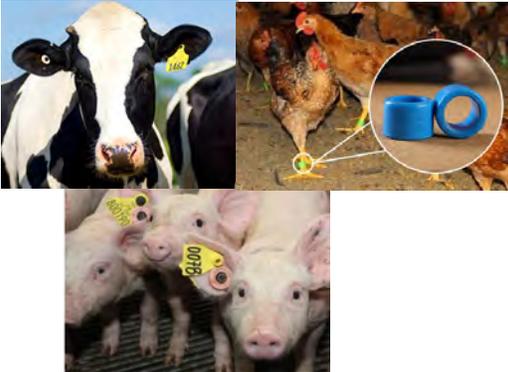
Ces technologies sont décrites dans,

- Inventaire et test de capteurs. Institut de l'élevage idéal
- Aperçu des capteurs en élevage réalisé par l'ICAR (International Committee for Animal Recording)
- Inventaire réalisé dans le cadre du projet européen 4D4F (Data Driven Decisions for Dairy Farmers)
- Catalogue des objets connectés en agriculture réalisé dans le cadre du projet Européen IoF (Internet of Food and Farm)
- Smart Animal Agriculture: Application of Real-Time Sensors to Improve Animal Well-Being and Production. Animal Reviews, 7:403-425 Halachmi et al. 2019
- Prototypage d'un élevage de porcs de précision en vidéo 3D. IFIP, 2017
- et beaucoup d'autres

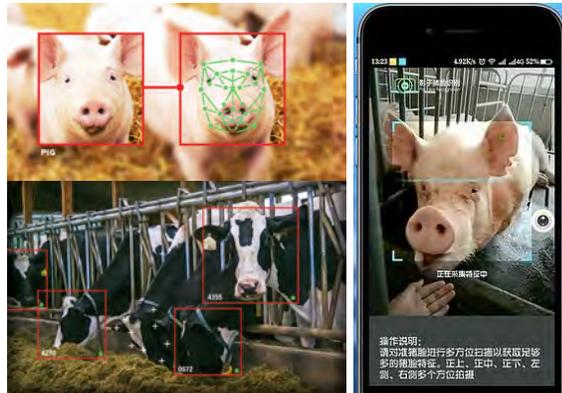
Technologies disponibles pour l'élevage de précision

Identification des animaux

RFID



Identification faciale



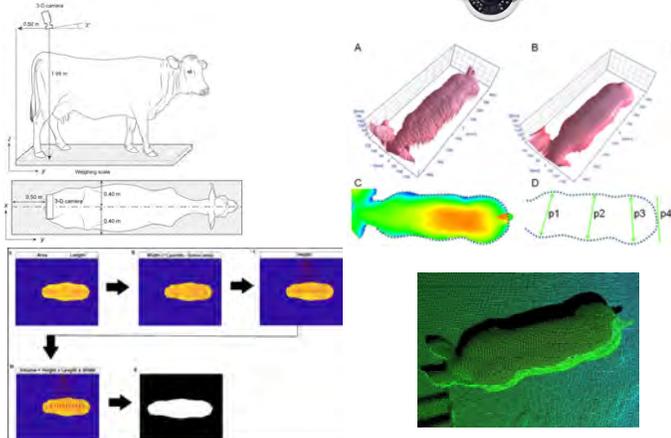
Technologies disponibles pour l'élevage de précision

La pesée des animaux

Cellules de charge



Cameras 2D, 3D et thermiques



Technologies disponibles pour l'élevage de précision

Chez la vache laitière

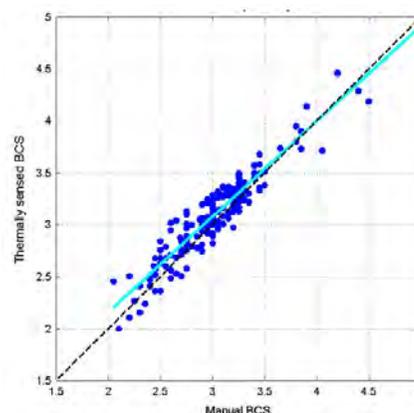
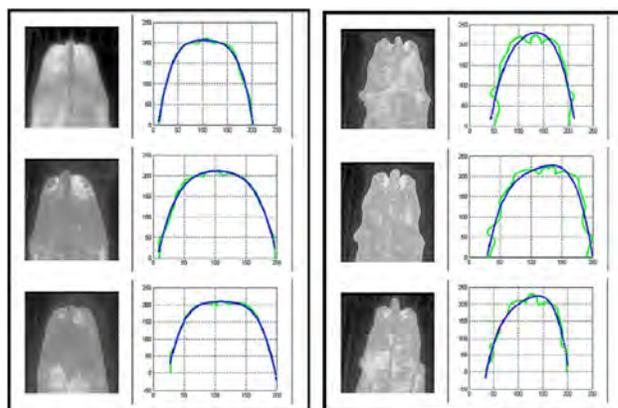
- **Identification électronique:** Tri, Alimentation personnalisée, Robot, pesée, etc.
- **État corporel:** alimentation et santé
- **Position et mouvement de la queue:** vêlages
- **Température vaginale:** vêlages
- **Géolocalisation:** surveillance et gestion des pâturages
- **Aliment consommé:** alimentation, santé
- **Comportement alimentaire et rumination:** Alimentation, santé, chaleurs
- **Température et pH ruminal:** santé, alimentation
- **Nombre de pas:** chaleurs, santé
- **Poids vif:** croissance, santé, alimentation
- **Quantité et composition du lait:** performance, chaleurs, santé, alimentation



Technologies disponibles pour l'élevage de précision

Chez la vache laitière

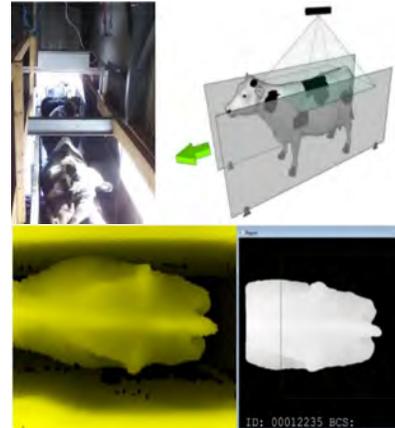
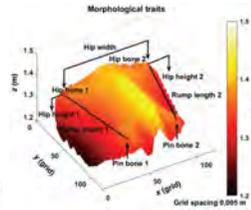
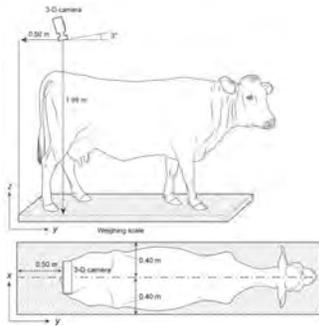
Mesure de l'état corporel avec des cameras thermiques



Halachmi et al., 2013

Technologies disponibles pour l'élevage de précision Chez la vache laitière

Mesure du poids, état de chair, etc. avec des cameras 2D et 3D



Song et al., 2017

Hansen et al., 2018

Technologies disponibles pour l'élevage de précision Chez la vache laitière

Robots de traite, combine capteurs et automatisation



1. Reconnaissance de la vache par le robot
2. Traite automatique de l'animal
3. Alimentation au besoin
4. La quantité et la composition du lait mesurées
5. Le poids et l'état de chair peuvent être déterminés, etc.



Technologies disponibles pour l'élevage de précision

Chez la vache laitière

Alimentation robotisée



- Programmation d'une ration différente par groupe d'animaux
- Le robot sait où et quand il manque de nourriture
- Le robot circule librement dans l'étable en distribuant et en poussant les aliments vers les vaches
- Ouvre et ferme automatiquement les portes de l'étable

- Robot poussant la ration pour stimuler la consommation



Technologies disponibles pour l'élevage de précision

Chez le porc

- **Identification électronique:** Tri, Alimentation personnalisée, pesée, etc.
- **Poids vif:** croissance, santé, alimentation
- **Son:** détection hâtive des maladies, niveau de stress
- **Température corporelle:** santé
- **Aliment consommé:** alimentation, santé
- **Consommation d'eau:** santé
- **Détection de l'œstrus:** santé et régie du troupeau
- **Comportement alimentaire:** santé, détection hâtive des maladies
- **Nombre de pas:** santé
- **Alimentation de précision:** réduit le coût des aliments, etc.



Technologies disponibles pour l'élevage de précision Chez le porc



Mesurer le poids chaque jour

Pezzuolo et al., (2018)



Alerte lorsqu'un comportement anormal se produit

smaRt Health - Ro-Main



Aperçu continu du taux de croissance et de l'apport alimentaire des animaux

eYeGrow - Fancom



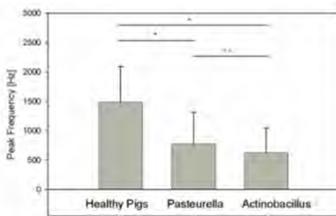
Alerte quand le meilleur moment pour l'insémination se présente

smaRt Breeding - Ro-Main

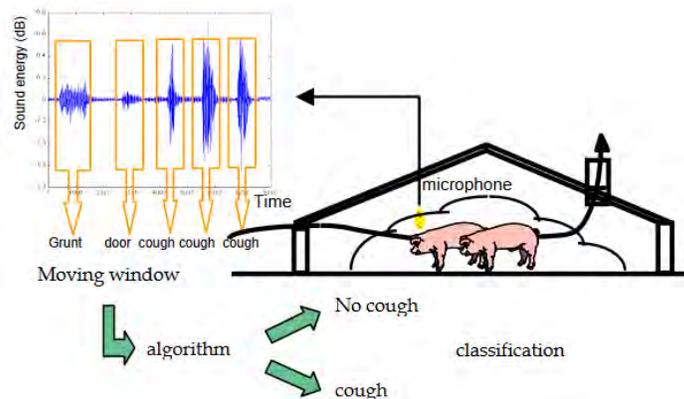


Technologies disponibles pour l'élevage de précision Chez le porc

Surveillance de la toux



Berckmans, 2009



Technologies disponibles pour l'élevage de précision

Chez le porc



Et si vous pouviez faire votre inventaire en un clic?

smaRt Inventory/Inventaire

Et si, avec un simple outil, vous pouviez observer et analyser le comportement de vos animaux en temps réel?

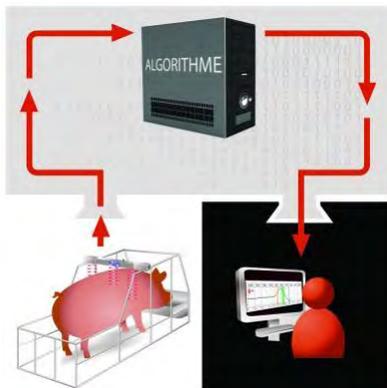
smaRt Tracking/Suivi



Technologies disponibles pour l'élevage de précision

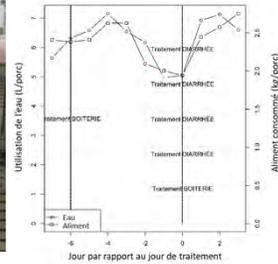
Chez le porc

Détection des chaleurs

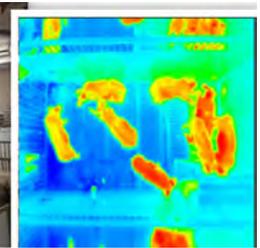


Technologies disponibles pour l'élevage de précision Chez le porc

Abreuvement individuel



Thermographie infrarouge



Les nouvelles technologies à la station de Deschambault



Technologies disponibles pour l'élevage de précision Chez le poulet

- **Identification électronique:** Tri, Alimentation personnalisée, pesée, etc.
- **Poids vif:** croissance, santé, alimentation
- **Son:** détection hâtive des maladies, niveau de stress
- **Température corporelle:** santé
- **Aliment consommé (groupe):** alimentation, santé
- **Consommation d'eau (groupe):** santé
- **Comportement alimentaire:** santé, détection hâtive des maladies



Technologies disponibles pour l'élevage de précision

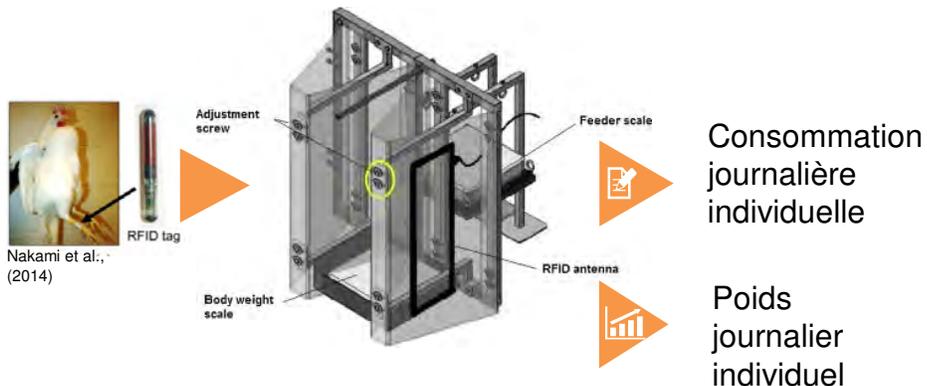
Chez le poulet



Technologies disponibles pour l'élevage de précision

Chez le poulet

Stations individuelles d'alimentation et de pesée pour les volailles hébergées en groupe

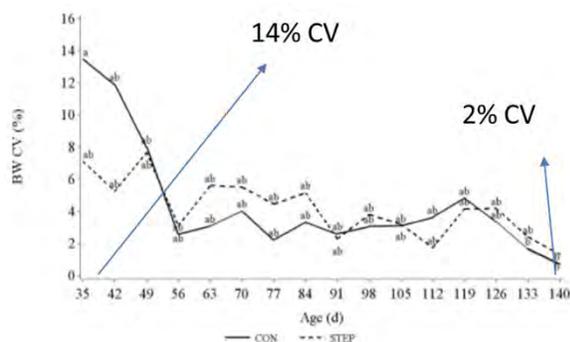


Tu et al., 2011

Technologies disponibles pour l'élevage de précision

Chez le poulet reproducteur

Alimentation individuel



L'uniformité du poids corporel a augmenté après la mise en œuvre d'alimentation de précision.

Zuidhof et al., 2015

L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?



La seule chose que nous savons sur l'avenir est que ce sera différent.

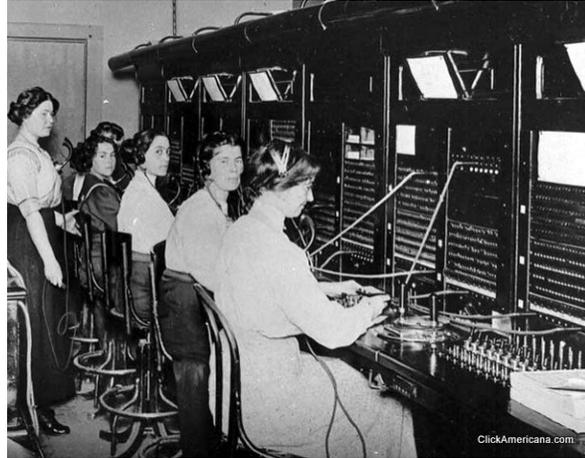
Peter Drucker



L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

Emplois qui n'existent plus... Pourquoi?



L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

Emplois qui n'existent plus... Pourquoi?

4. Pre-radar Listener For Enemy Aircraft



5. Rat Catcher



L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

Emplois qui n'existent plus... Pourquoi?



L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

Emplois qui n'existent plus... Pourquoi?

PAS SEULEMENT UNE QUESTION DE TECHNOLOGIE!!

- ✓ L'industrie du bétail doit aussi s'adapter à des nouvelles réalités:
 - Une réduction de la **disponibilité de la main-d'œuvre**
 - Une **relève** qui souhaite des conditions de travail plus adaptées à ses capacités et à la conciliation famille-travail



L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

Emplois qui sont en train de disparaître



10 Disappearing Jobs That Won't Exist in 10 Years: Professions That Won't Guarantee Career Opportunities

5. Travel Agent: \$31,800



9. Librarian: \$54,500



L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

Emplois qui sont en train de disparaître



Agriculteurs, éleveurs et autres gestionnaires agricoles



Travailleurs agricoles



Ingénieurs agricoles

Forbes, www.lifehack.org

L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

LES ROBOTS POURRAIENT MENACER 3 MILLIONS D'EMPLOIS D'ICI 2025



MailOnline
www.dailymail.co.uk



By JENNY AWFORD FOR MAILONLINE

PUBLISHED: 14:31 GMT, 8 November 2014 | UPDATED: 15:55 GMT, 8 November 2014

- Experts believe half of today's jobs will be completely redundant by 2025
- **Artificial intelligence will mean that many jobs will be done by computers**
- Customer work, process work and middle management will 'disappear'
- Report states that workspaces with rows of desks will no longer exist

L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

L'intelligence artificielle fera que de nombreux emplois seront effectués par des ordinateurs



L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

L'intelligence artificielle fera que de nombreux emplois seront effectués par des ordinateurs

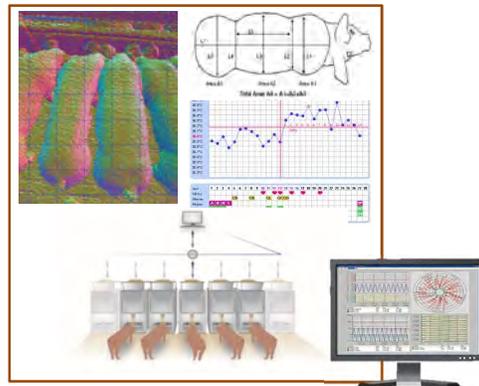


L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

Activités de la FERME qui vont changer dans les prochaines années

La prise de mesures et le mode d'alimentation

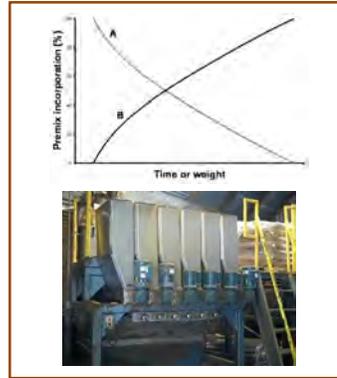
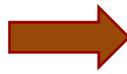
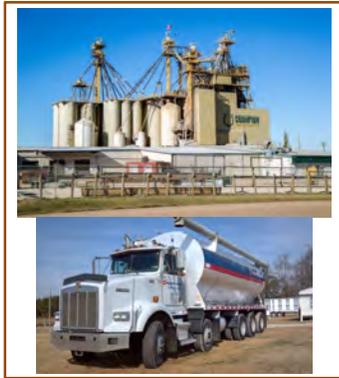


L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

Activités de la FERME qui vont changer dans les prochaines années

La fabrication d'aliments

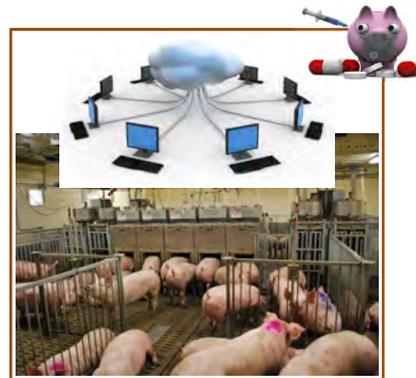


L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

Activités de la FERME qui vont changer dans les prochaines années

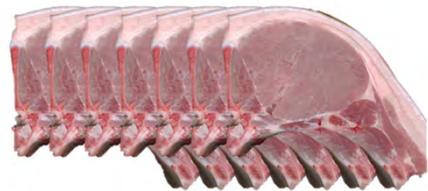
La gestion des maladies et l'utilisation d'antibiotiques



L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

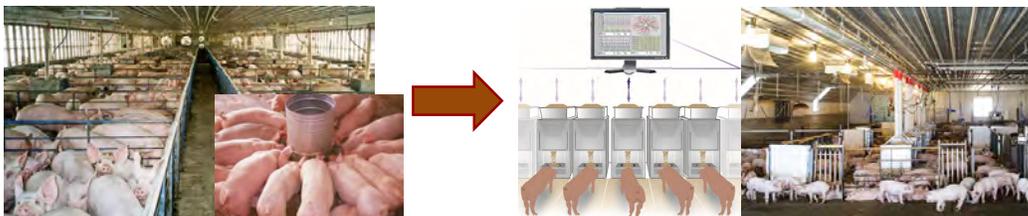
Dans un futur proche, les animaux seront élevés et nourris **individuellement** pour obtenir des **carcasses de poids et composition optimale** (*valeur maximale de la carcasse*) à des **coûts de production minimaux** (*\$/kg de viande produite*) et une **efficacité nutritionnelle maximale** (*minimisant l'impact environnemental*) et dans un contexte de **production durable**



L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

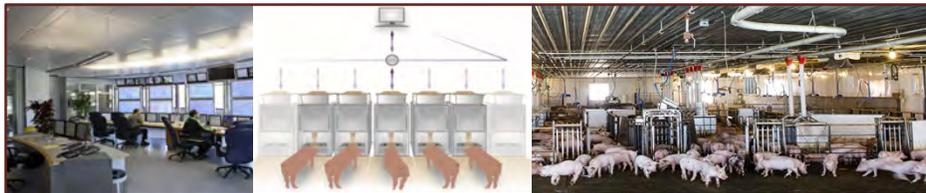
- ✓ Le virage technologique, ce n'est pas seulement une **opportunité d'affaires**, c'est aussi une **démarche incontournable** vers l'agriculture du futur!



L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

- ✓ Plus d'attention devrait être accordée au **contrôle des systèmes de production** qu'à l'utilisation des capteurs disponibles
- ✓ Il y a un **fort besoin de coordination** et d'implication des différents experts et parties prenantes dans le développement et la mise en œuvre de systèmes d'élevage de précision (*chercheurs, ingénieurs, fournisseurs de technologies, économistes, agriculteurs, consommateurs et citoyens*)



Banhazi *et al.*, 2012a; Banhazi *et al.*, 2012b; Groot Koerkamp *et al.*, 2007

L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

- ✓ Plus d'attention devrait être accordée au **contrôle autonome des systèmes de production** qu'à l'utilisation de capteurs



L'élevage intelligent...

il est le futur des productions animales!

- ✓ Le **système de contrôle** traite les données (*massives*) collectées par les capteurs à l'aide de techniques d'intelligence artificielle et des méthodes numériques évoluées qui pilotent le système de production **automatiquement**



L'élevage intelligent...

il est le futur des productions animales!

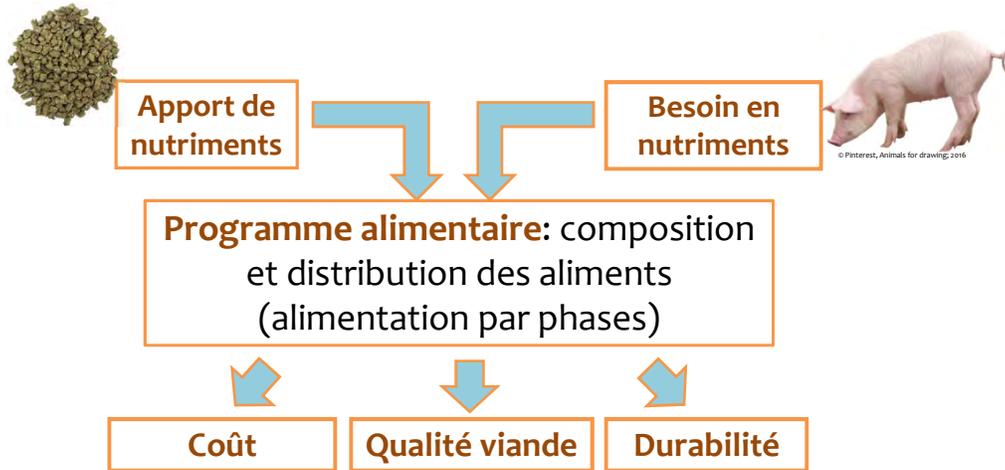
L'exemple de l'alimentation de précision chez le porc



L'élevage intelligent...

L'exemple de l'alimentation de précision!

Éléments essentiels pour nourrir un animal avec précision



L'élevage intelligent...

L'exemple de l'alimentation de précision!

Éléments essentiels pour nourrir un animal avec précision

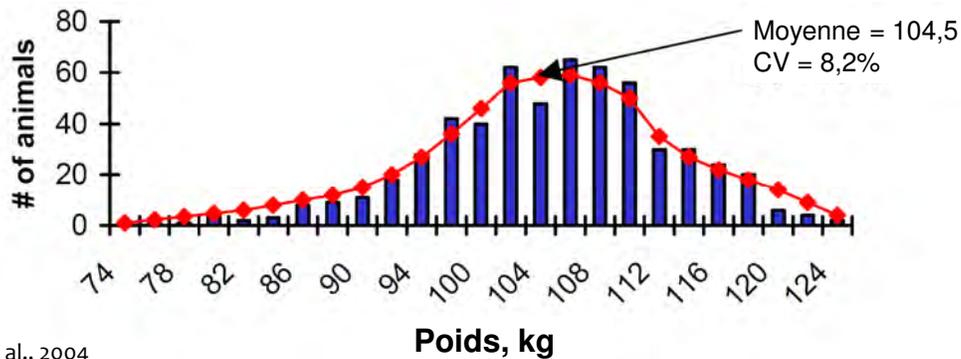


L'élevage intelligent... il est le futur des productions animales!

L'exemple de l'alimentation de précision

Il existe une variabilité importante entre les animaux d'un troupeau

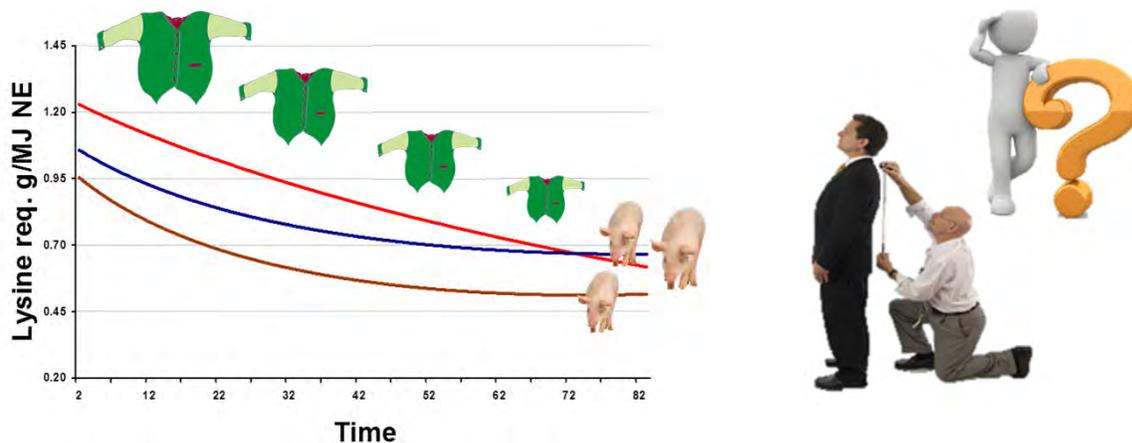
Poids des porcs à 20 semaines d'âge



Patience et al., 2004

L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

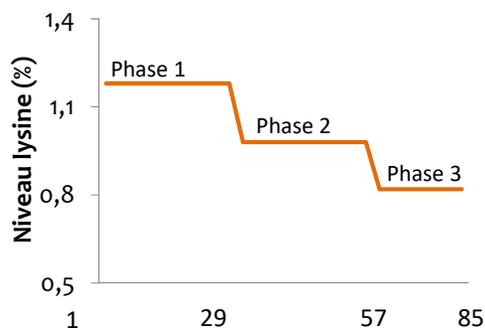
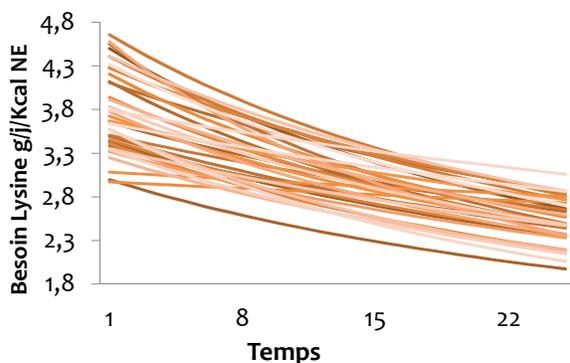
Pour **un animal** donné à **un moment** donné, la quantité d'un nutriment qui permettra à cet animal de remplir ses fonctions naturelles de manière normale **change avec le temps**



L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

La grande question:

Comment pouvons-nous estimer le niveau optimal de nutriments à fournir à tous les animaux si nous voulons **optimiser la croissance**, et ce, à un **coût minimal**?



L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

✓ Besoins nutritionnels

- Un même aliment (une taille) pour tous?



L'élevage intelligent...

L'exemple de l'alimentation de précision!

✓ Besoins nutritionnels

- Un même aliment (une taille) pour tous?



L'élevage intelligent...

L'exemple de l'alimentation de précision!

✓ Besoins nutritionnels

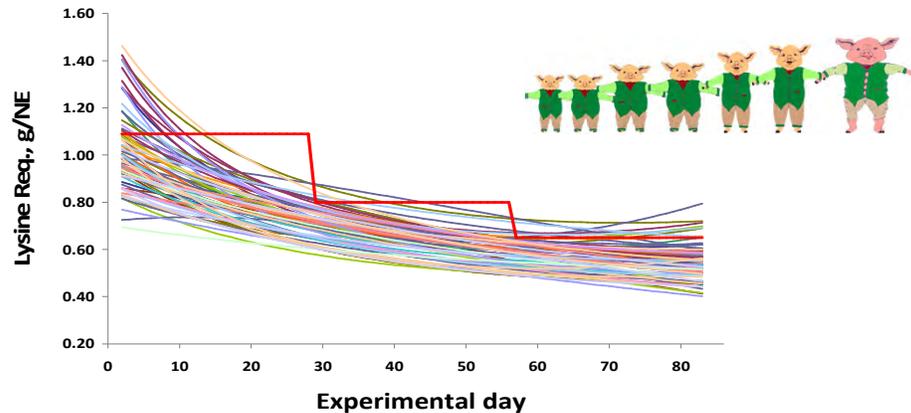
- Un même aliment (une taille) pour tous...
dans ce cas, le besoin en nutriments doit être vu comme l'équilibre optimal
entre la proportion d'animaux qui sera suralimentée et sous-alimentée



L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

✓ Besoins nutritionnels

- Un même aliment (une taille) pour tous... dans ce cas, le besoin en nutriments doit être vu comme l'équilibre optimal entre la proportion d'animaux qui sera suralimentée et sous-alimentée

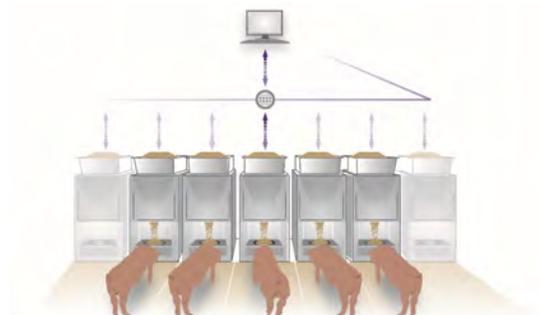


Hauschild et al., 2010

L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

L'alimentation de précision met à profit des techniques d'alimentation permettant de donner,

- ✓ à chaque animal
- ✓ la bonne quantité d'aliments
- ✓ avec la bonne composition,
- ✓ au bon moment (à chaque jour)



L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

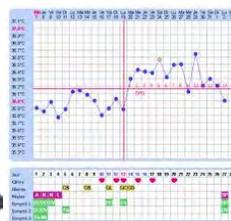
Avec l'**alimentation de précision**... chaque porc est alimenté à chaque jour avec un aliment fait sur mesure pour lui



L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

✓ Pour l'application des principes de l'alimentation de précision nous avons besoin de:

- **Dispositifs de mesure** (ex., des balances pour mesurer le poids des animaux, l'aliment consommé, etc.)
- **Méthodes de calcul** (ex., des modèles mathématiques estimant les besoins nutritionnels des porcs en temps réel, etc.)
- **Dispositifs de contrôle** (ex., des nourrisseurs intelligents, etc.)



L'élevage intelligent...

L'exemple de l'alimentation de précision!

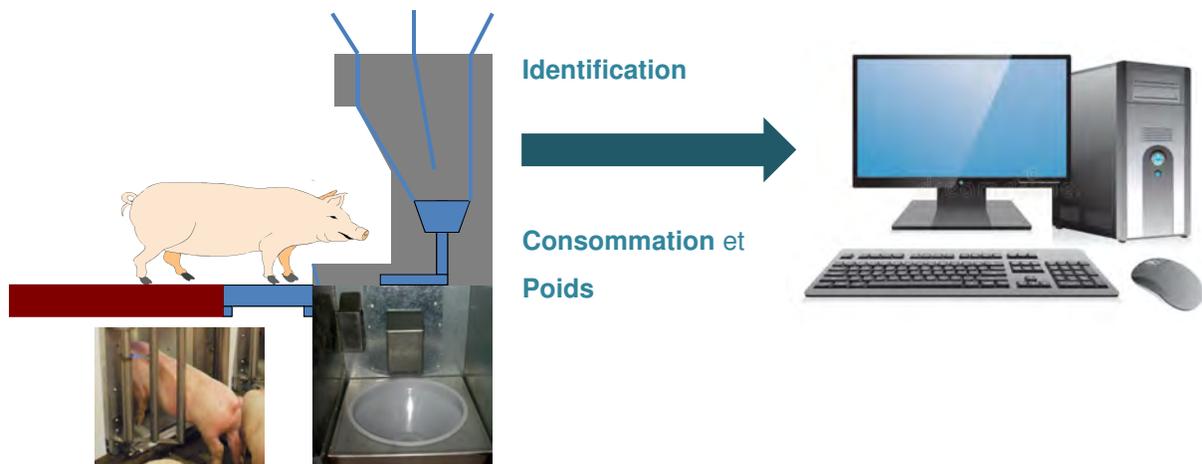
- ✓ La recherche a permis de développer les **méthodes de calcul** sous forme de modèles mathématiques permettant d'estimer les besoins nutritionnels de chaque porc en temps réel et de les valider



L'élevage intelligent...

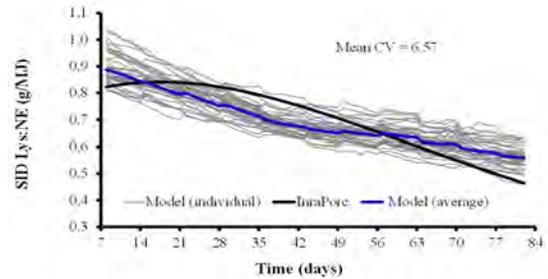
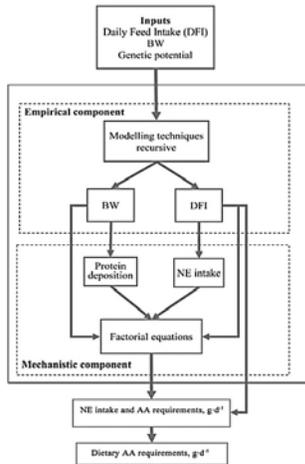
L'exemple de l'alimentation de précision!

- ✓ **Comment ça marche?**



L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

✓ Comment ça marche?

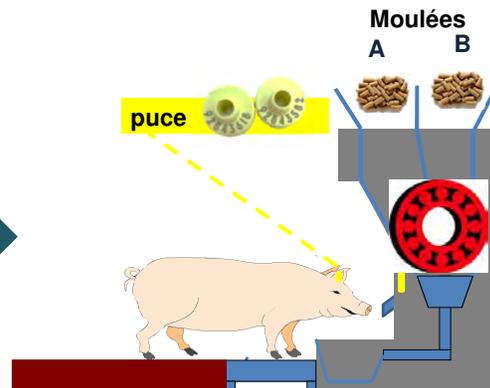
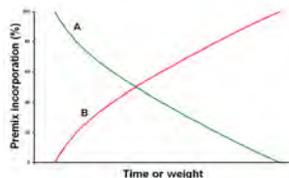


L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

✓ Comment ça marche?

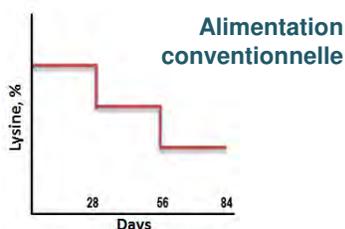
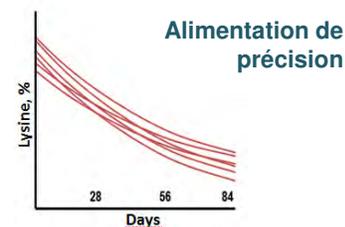


Proportion des
moulées A et B
à mélanger



L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

Variable	Alimentation de Précision vs. Conventionnelle	
	Projet 1	Projet 2
Consommation	n.s.	n.s.
Gain de poids	n.s.	n.s.
Dépôt musculaire	n.s.	n.s.
Dépôt de gras	n.s.	n.s.
Protéine consommée	< 16%	< 16%
Lysine consommée	< 27%	< 26%
Azote excrété	< 22%	< 30%
Coût aliments, \$/porc	< 8%	< 10%

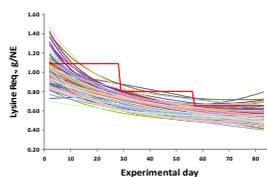


Andretta et al. 2014; 2016

L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

L'alimentation de précision individualisée permet de :

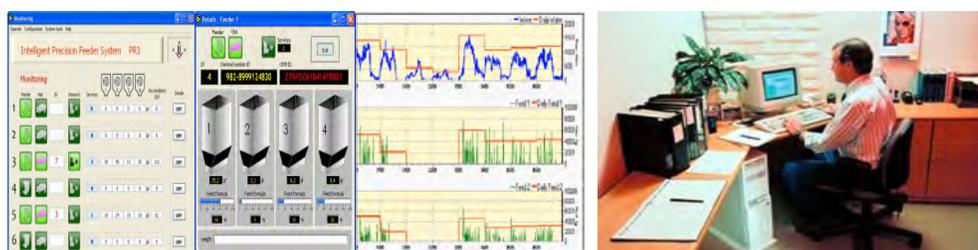
- ✓ **diminuer de 8-15% les coûts de l'alimentation** en réduisant l'apport excédentaire de nutriments (protéine, phosphore, etc.)
- ✓ **diminuer de 2-3% les coûts de fabrication**, d'entreposage, de gestion et de transport des aliments par l'utilisation des mêmes prémélanges dans toutes les exploitations
- ✓ **réduire de 40% l'excrétion d'azote, de phosphore** et d'autres composants polluants ainsi que la quantité de sols requise pour l'application du lisier



L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

La gestion intelligente des aliments et des animaux au moyen de technologies avancées de l'information permet :

- ✓ **le suivi en temps réel, à distance et de façon automatique** des aliments, des animaux et de leur environnement afin d'accroître la rentabilité
- ✓ **de réduire la main-d'œuvre et les coûts** grâce au suivi et la gestion automatique de tous les éléments productifs de la ferme



L'élevage intelligent... L'exemple de l'alimentation de précision!

L'analyse de la dynamique de consommation permet :

- ✓ **d'identifier rapidement les animaux malades** et d'administrer avec précision des traitements individuels, ce qui permet d'améliorer le rendement du troupeau et de diminuer les frais vétérinaires
- ✓ **diminuer le recours aux antibiotiques** en détectant de façon précoce les maladies et en administrant des traitements individualisés

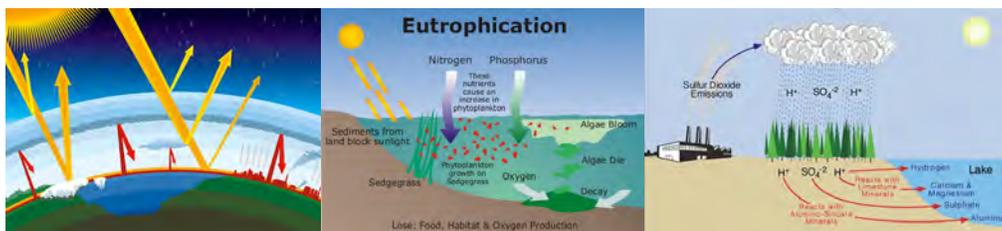


L'élevage intelligent...

L'exemple de l'alimentation de précision!

L'alimentation de précision individualisée permet de :

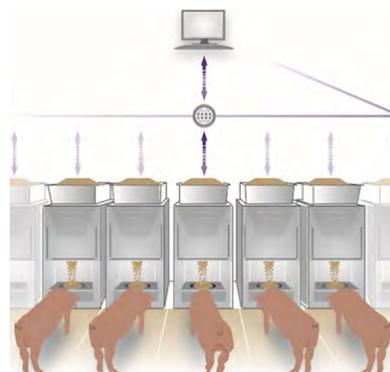
- ✓ Réduire de **6%** l'impact de la production sur les changements climatiques (kg CO₂-eq) et
- ✓ Réduire jusqu'à **5%** l'impact de l'eutrophication et de l'acidification (kg PO₄-eq and SO₂-eq)



L'élevage intelligent...

il est le futur des productions animales!

- ✓ Dans l'**alimentation de précision**, on traite les données collectées par les capteurs et à l'aide de méthodes numériques évoluées on pilote l'alimentation de chaque porc **automatiquement, individuellement et en temps réel**



L'élevage intelligent

Le futur des productions animales ?

Mais,

- Cette approche de production, **est-elle réaliste?**
- **Combien vont coûter les équipements?**
- Quel sera le retour sur l'investissement?



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada

Merci beaucoup

Candido Pomar
Chercheur scientifique

Téléphone : **819 780-7252**

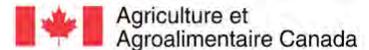
Courriel : **Candido.Pomar@canada.ca**

Canada



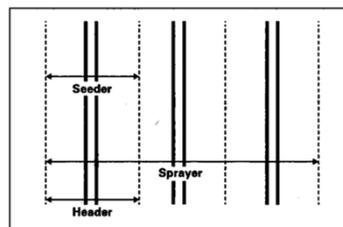
Agriculture Numérique et de Précision

Journée sur l'agriculture de précision 2020 Jean-François Ridel



Le plan

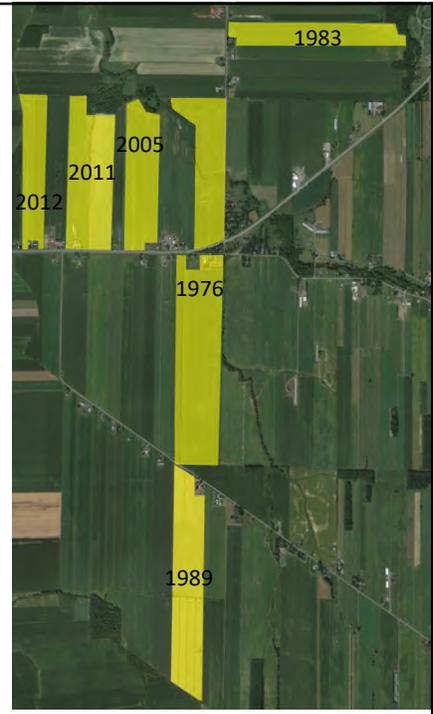
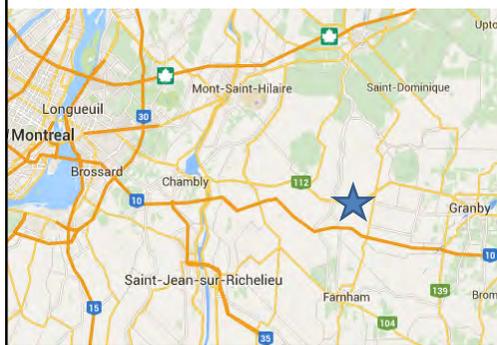
- Moi, ma ferme
- Compaction et précision
- Ça coute et ça rend
- Choses à suivre





Ferme Ridel

- 215 ha
- Maïs
- Soya
- Blé
- Chanvre



Mes origines en France

- Normandie, Calvados, St-Pair





10 ans au Japon comme ingénieur



JF-san au



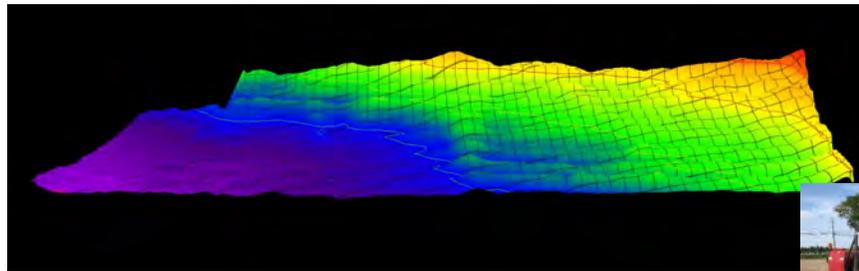
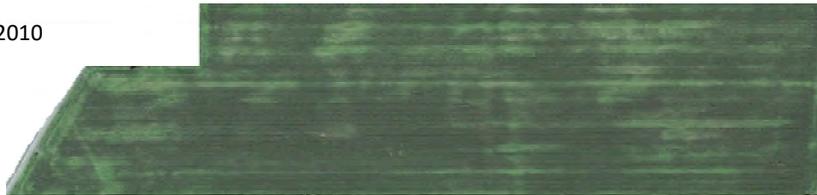


Prioriser les investissements

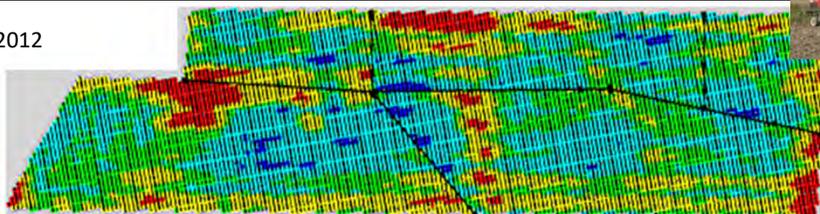
- Nivellement
- Drainage
- Compaction
- Chimie du sol
- Vie dans le sol
- Réduction des GES

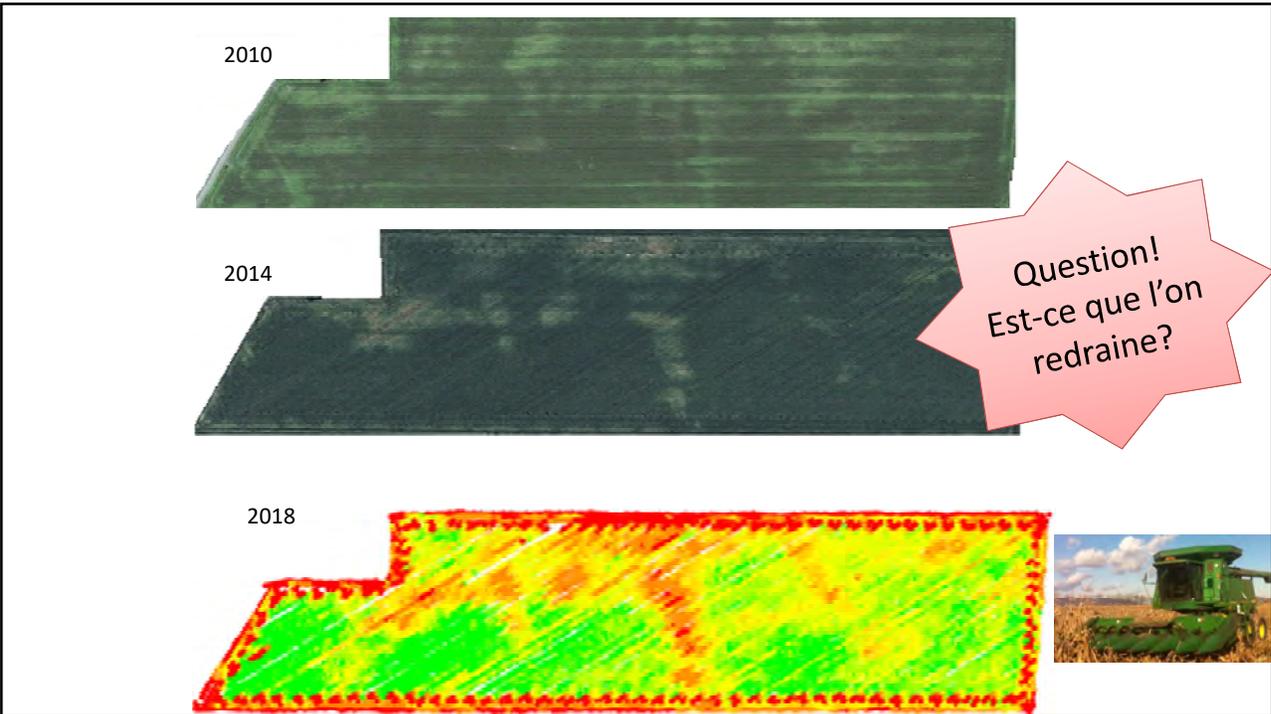
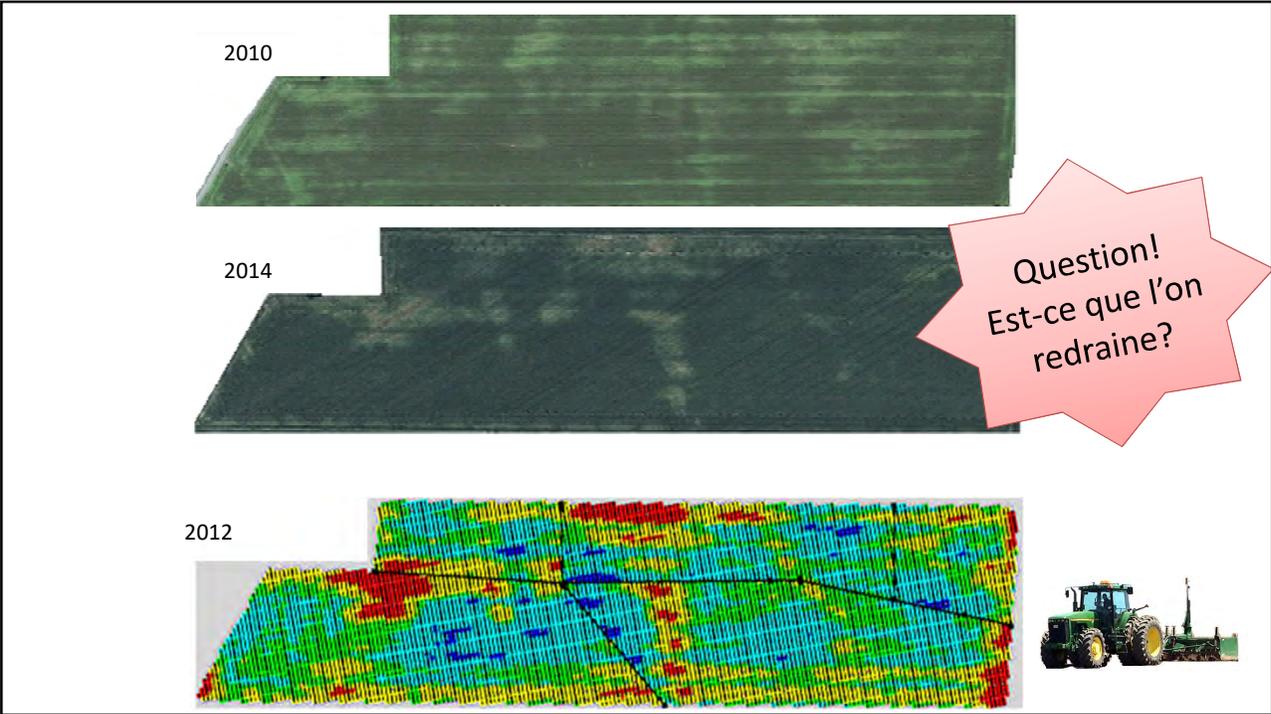


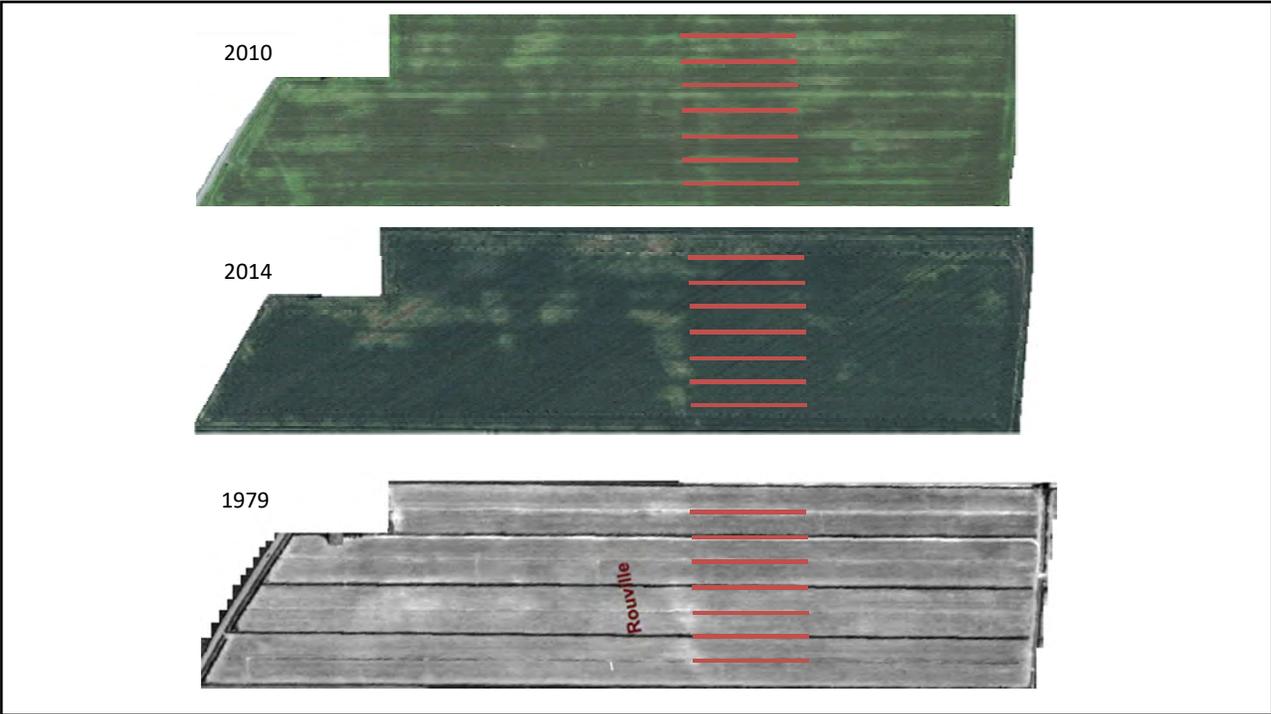
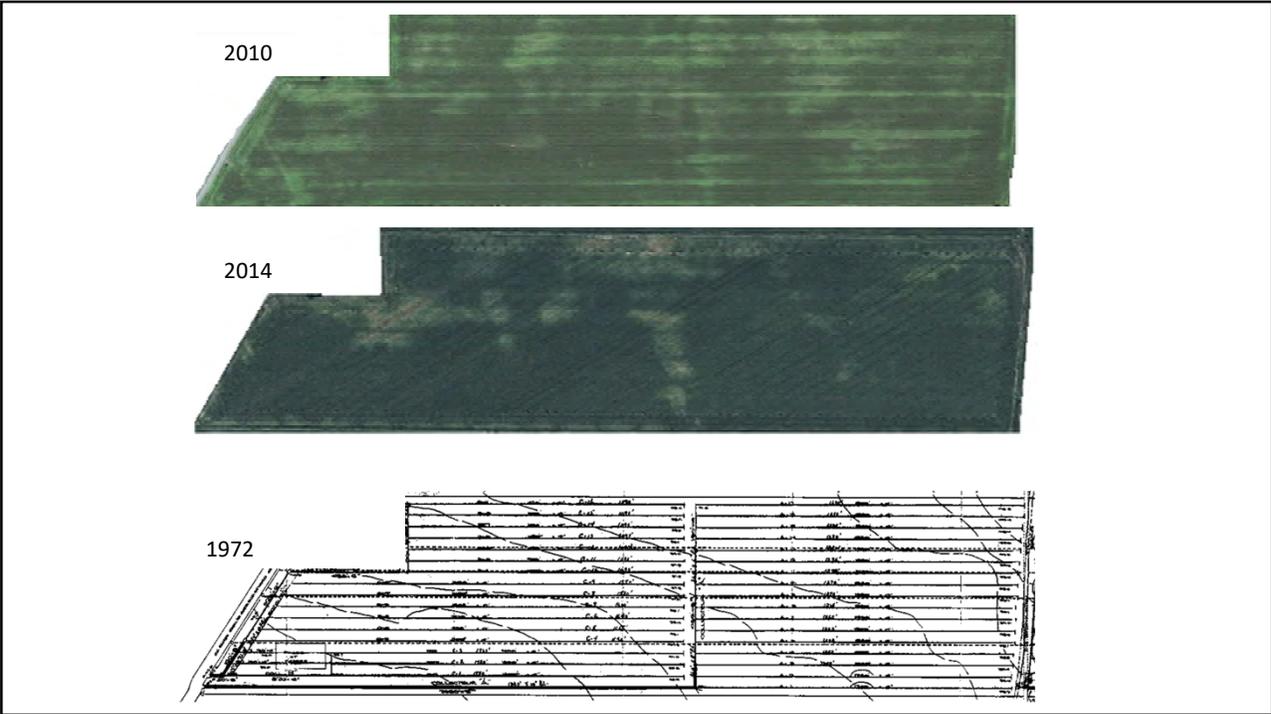
2010

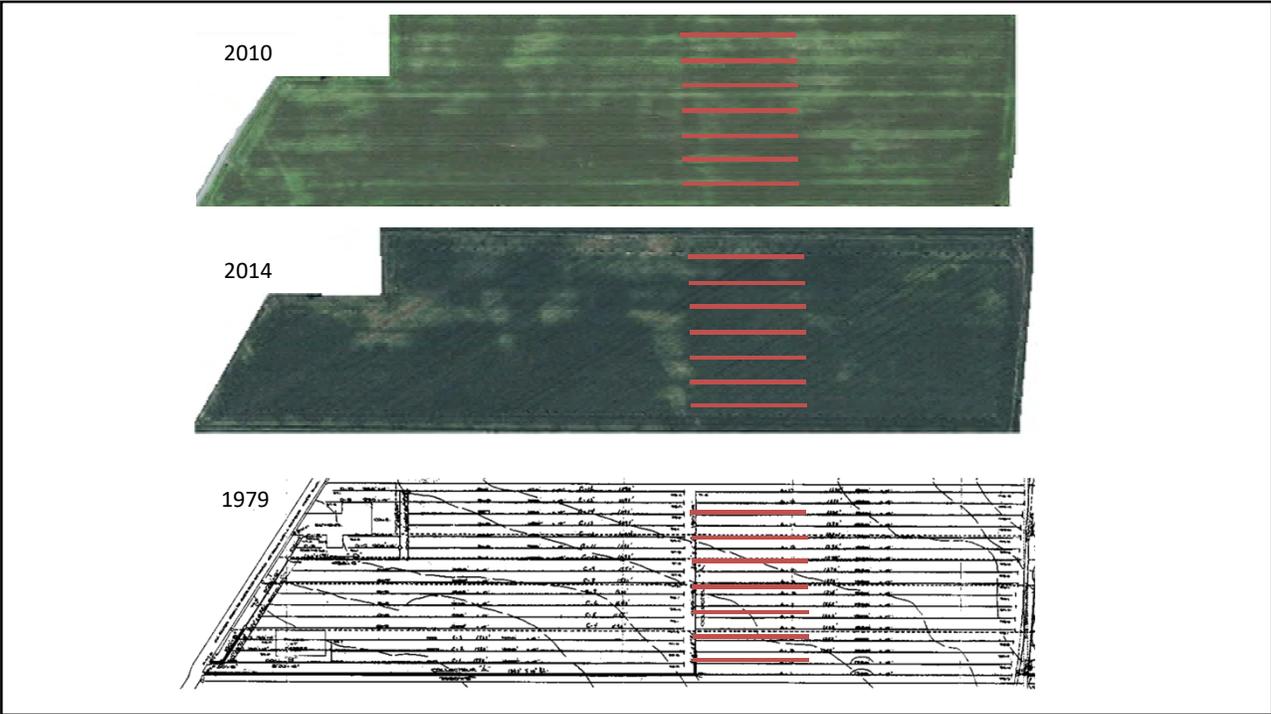


2012







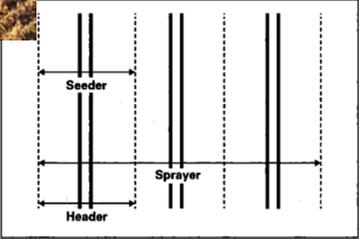


Trafic contrôlé à 20' CTF

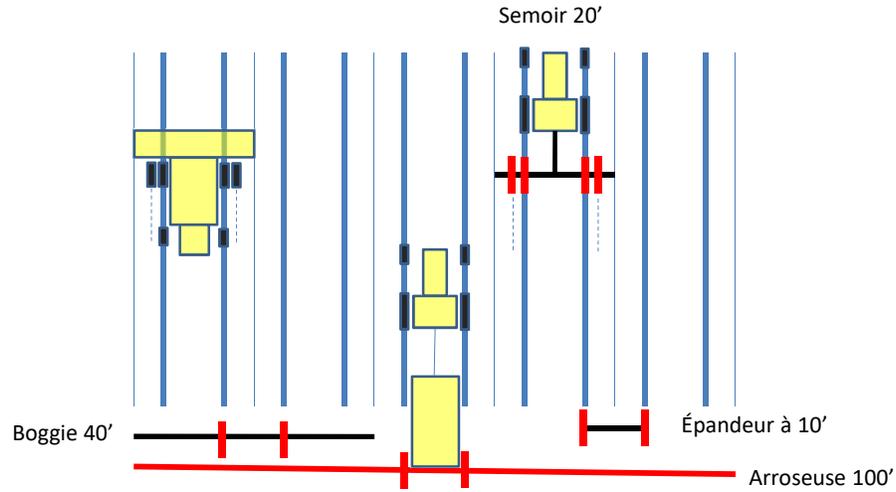




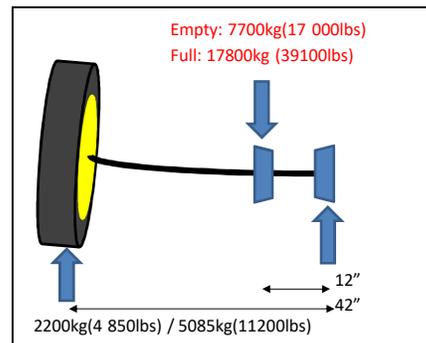
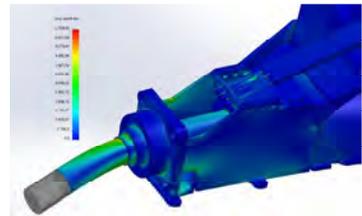
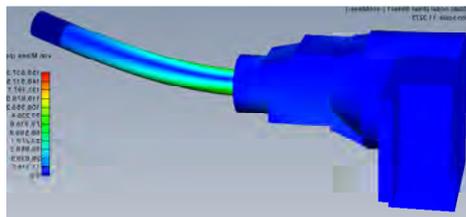




Gestion à 20' pour 10, 40 et 100'

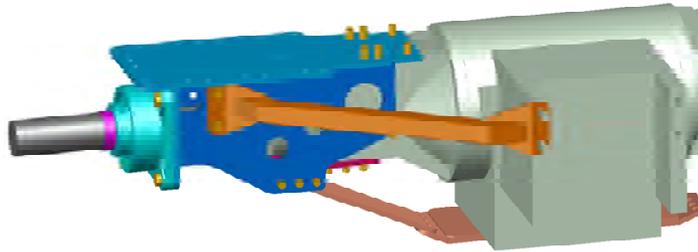


Train arrière du tracteur à risque



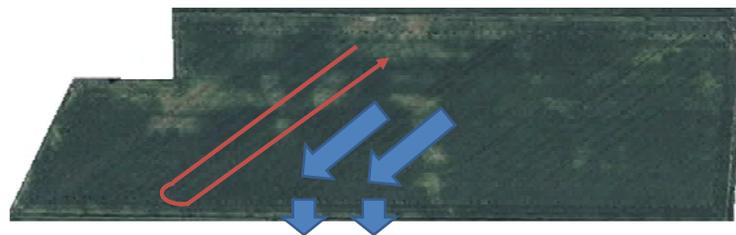
Le renfort

- Réduire
 - Investissement
 - Risque
- Optimiser
 - Équipement
 - Compaction
 - Maintenance



La récolte

- Distance de remplissage
 - À 15t/ha
 - Trémie de 7t @ 8 rangs
 - 800m

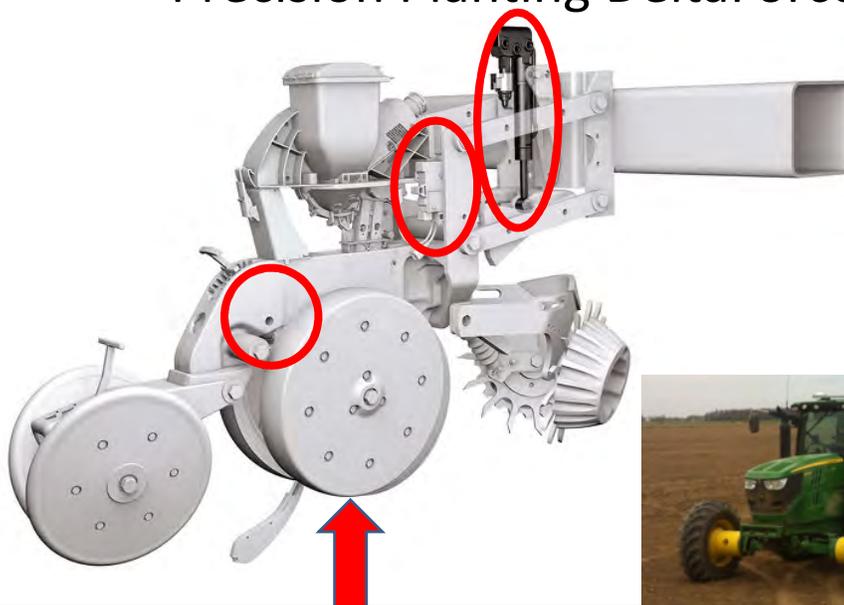


Compaction et épandage de lisier

- Cadman CMA



Précision Planting DeltaForce



Down force

Precision
Planting



Ag Leader



DAWN

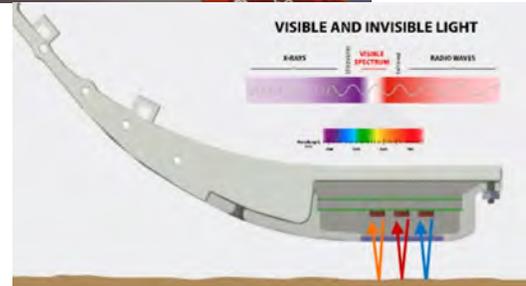


SmartFirmer

- Température
- Propreté
- Uniformité
- Humidité
- Matière organique



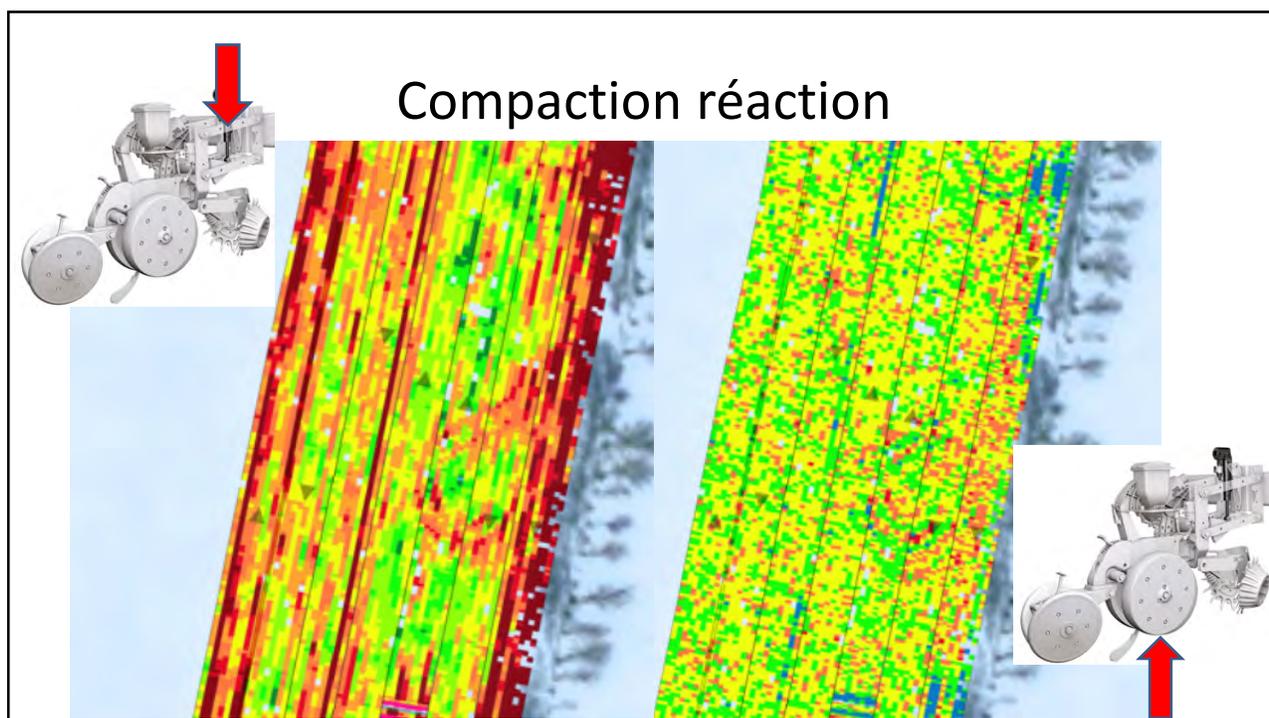
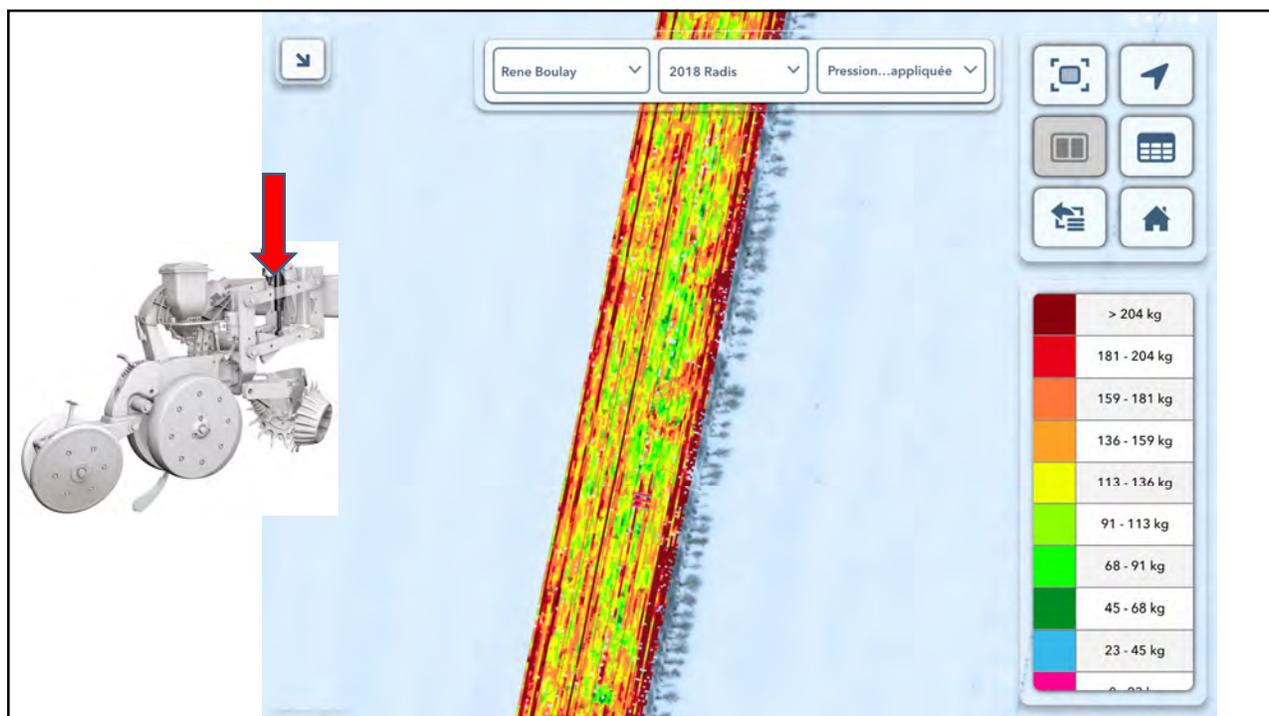
SCIO Spectromètre

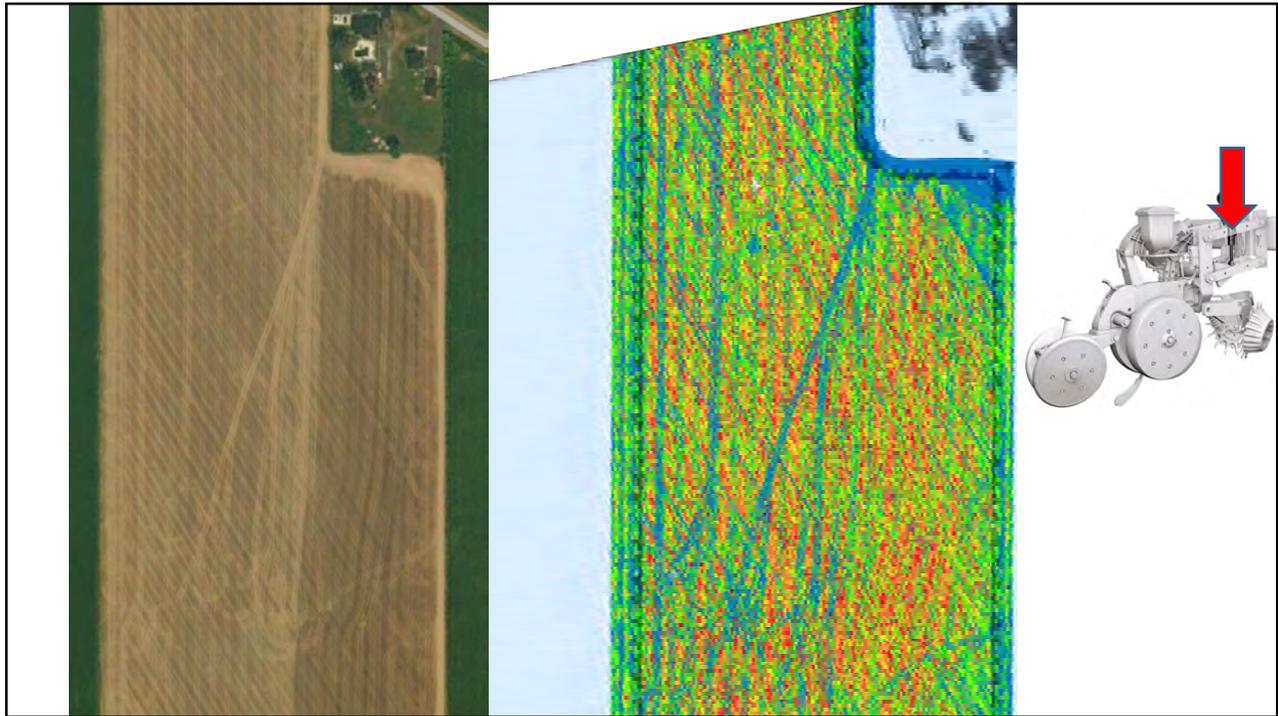


L'investissement *ou pas*

- Pour un semoir 8 rang

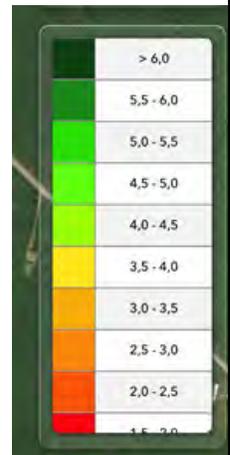
Ballon	Delta Force	Smart Firmer	Electric drive	High Speed	Ferti liquid
18k\$	25k\$	28k\$	40k\$	50k\$	xx\$





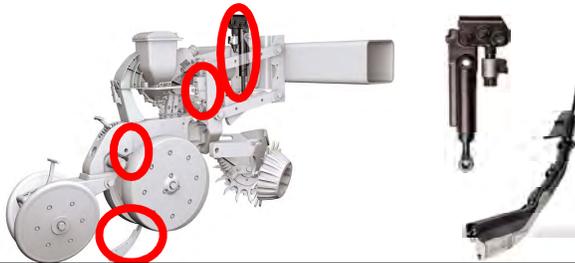
Matière organique

- Engrais vert 18
- Semis 19
- Augmentation de MO
- Bon améiore plus vite



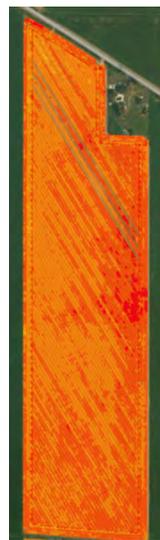
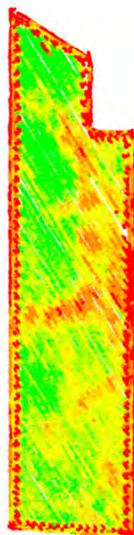
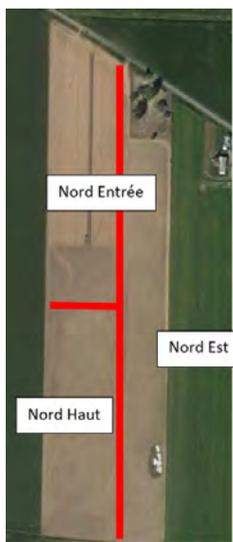
Les calculs

- $80\text{ha} \times 12.5\text{t/ha} = 1000\text{t}$
- $1000\text{t} \times 2\% = 20\text{t}$
- $12.5\text{t/ha} \times 2\% = 250\text{kg/ha}$
- $20\text{t} \times 200\$ = 4000\$/\text{an}$
- $28000\$/4000\$ = 7 \text{ ans}$

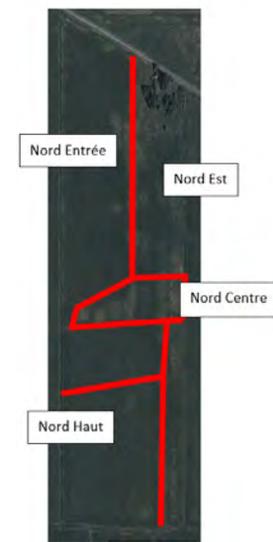


Zones Analyse de sol

2017



2020



Application d'Azote

- Pas facile d'atteindre la précision
- Taux variable ou pas



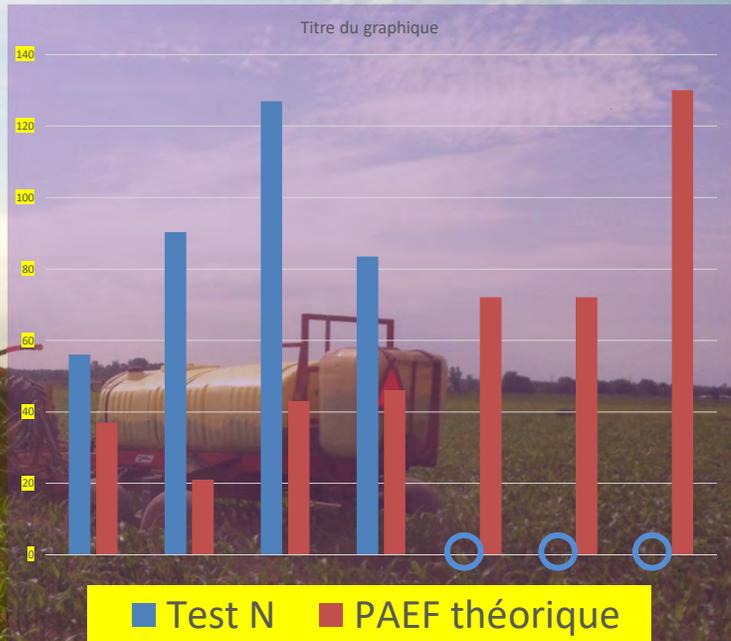
Taux variable

- Aucun bénéfices d'une recommandation d'azote à taux variable dans la production de maïs. (Nicolas Tremblay Agr.PhD)



Tests de Nitrate

Question!
Faites vous le
test de nitrate?



Les Données

- AgNote/AgPad
- Granular
- FieldView
- LogiAg
- SiGa
- 365FarmeNet
- Deere
- Excel
- Farmers Edge
- FarmLogs
- FarmOS
- FBN



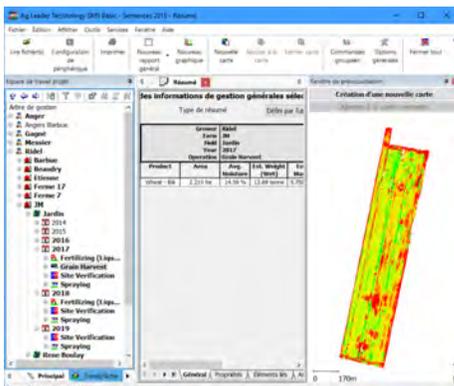
Mes plateformes de données



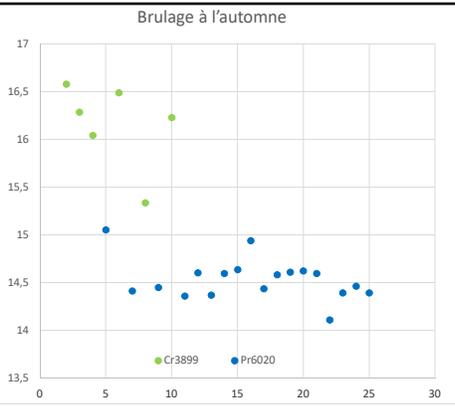
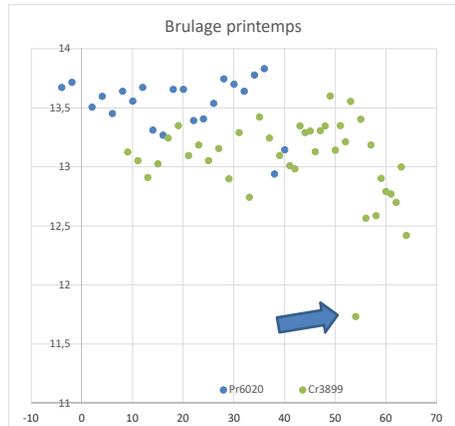
Ag Leader®



- Un certain registre d'opération au champs
- Rendu graphique des cartes de rendement



Analyses



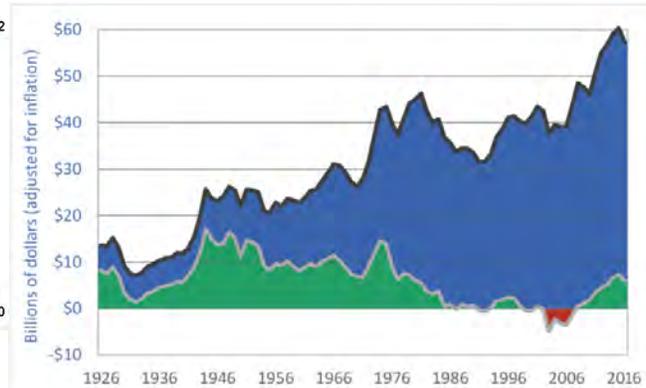
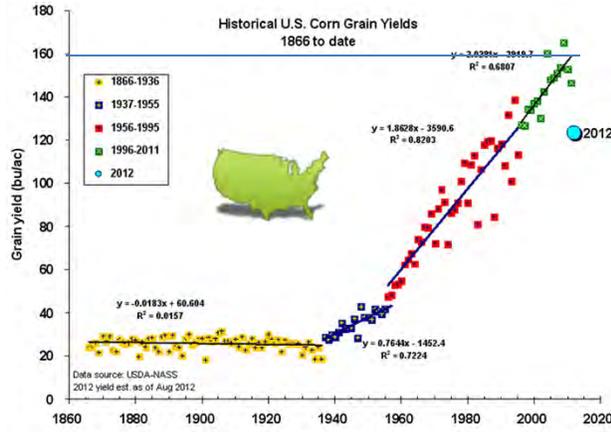
FARMERS BUSINESS NETWORK

Partners and Services:

- Granular
- FIELD VIEW
- SIGA
- réseau agriConseils
- william houde
- synAgri
- AGRO CENTRE
- DEKALB
- BAYER
- MONSANTO
- ANALYTICS
- FBN DIRECT
- CROP MARKETING
- FINANCE
- SRDI+++
- PRODUCTEURS DE GRAINS DU QUÉBEC
- RJO'Brien
- La Coop Comax
- JOHN DEERE FINANCIAL
- La Financière agricole Québec
- fic



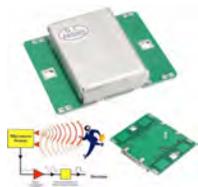
Plus de rendement/moins de revenu



Canadian net farm income and gross revenue, inflation adjusted, net of government payments, 1926-2016 DARRIN QUALMAN

Le prix de pièces

- Radar 5\$



- Contrôleur 30\$



- Sol humidité 2\$



- Humidité 6\$



- Cellule de charge 50\$



- Distance 2\$



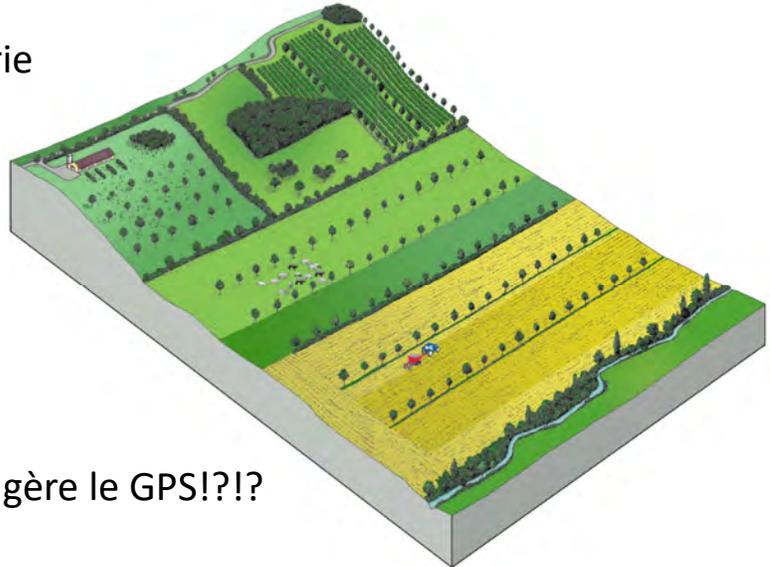
- Camera NIR 50\$

- Camera Thermique 75\$



Vision de l'agriculture de demain

- L'agroforesterie



- Comment on gère le GPS!?!?



GPS RTK AutoSteer  AllyNav
Kit RTK à partir de 11500\$



Kit laser moins de 7000\$~



consulligence ltd 450-210-0907



Merci!

- Thank you!
- ありがとうございます。

