

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

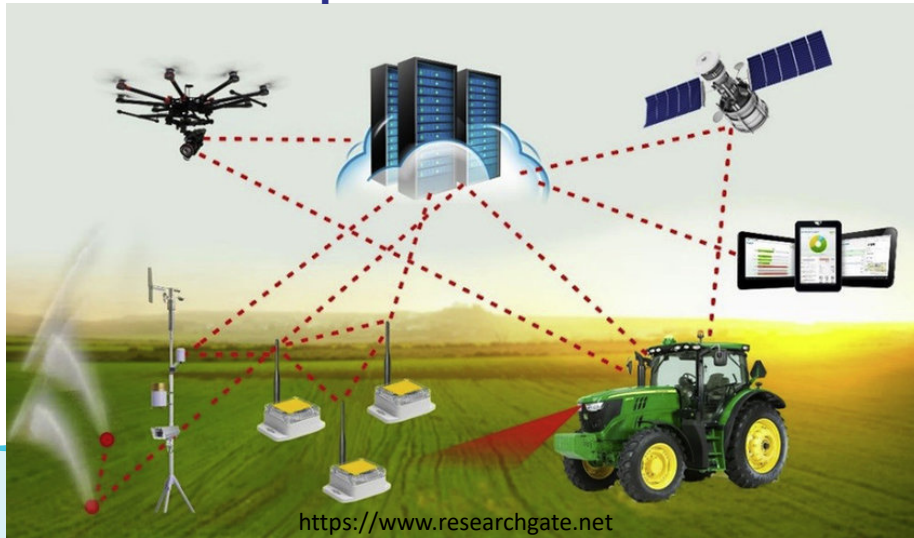
PLAN DE PRÉSENTATION

- 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

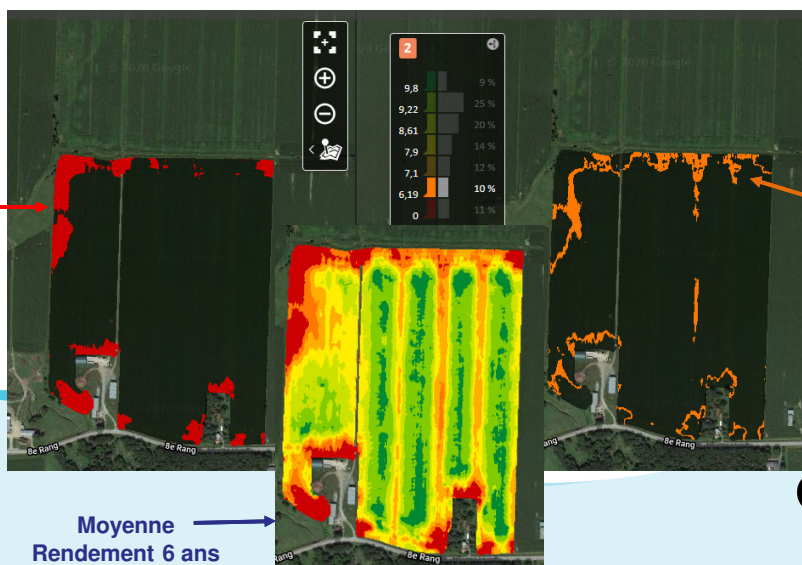
Rendement exprimé en kg/ha

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

Votre
gouvernement

Québec

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\$

Votre
gouvernement

Québec

Club conseil; Club Agro Acton



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)



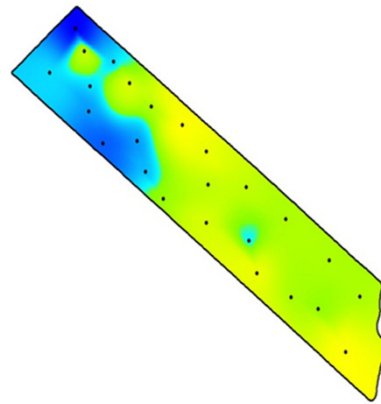
Utilisation de la science interdisciplinaire
au service de l'agriculture

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

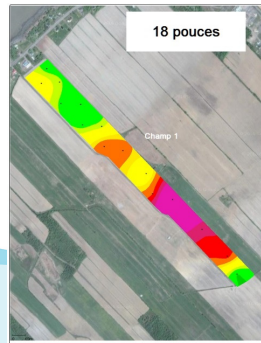
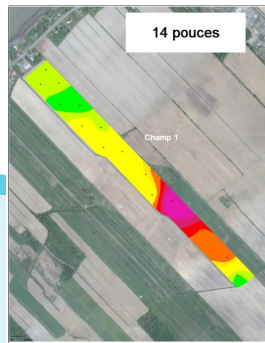
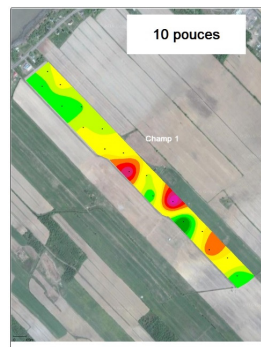
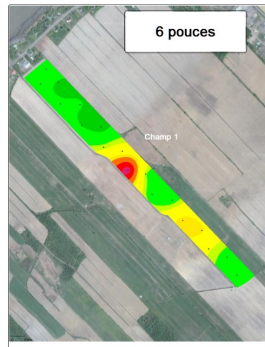
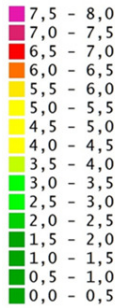
Source UGT Soil Science

Votre
gouvernement

Québec

Cartographie de la compaction à différentes profondeurs

Résistance du sol à la pression, (indice)

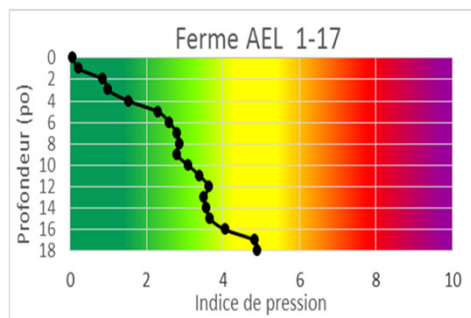


AgroEnviroLab

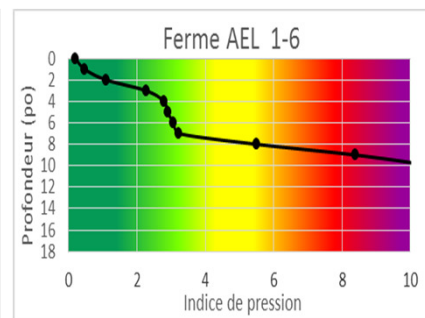
Votre gouvernement

Québec

PROFILS DE RÉSISTANCE, PAR POINT DE MESURE



Sol normal



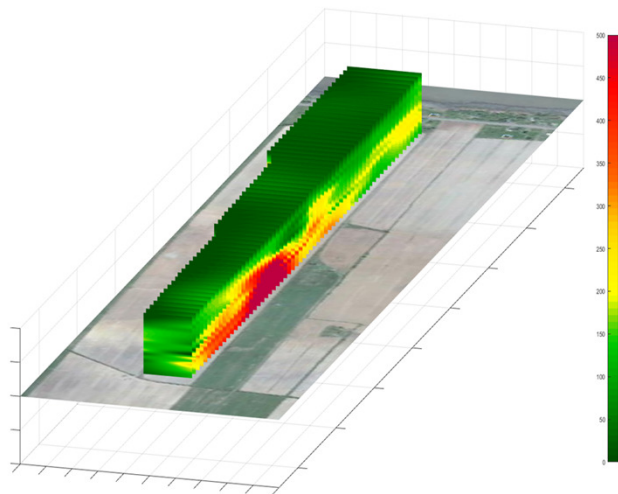
Sol très compact à 8 pouces

AgroEnviroLab

Votre gouvernement

Québec

REPRÉSENTATION 3D DE LA COMPACTION

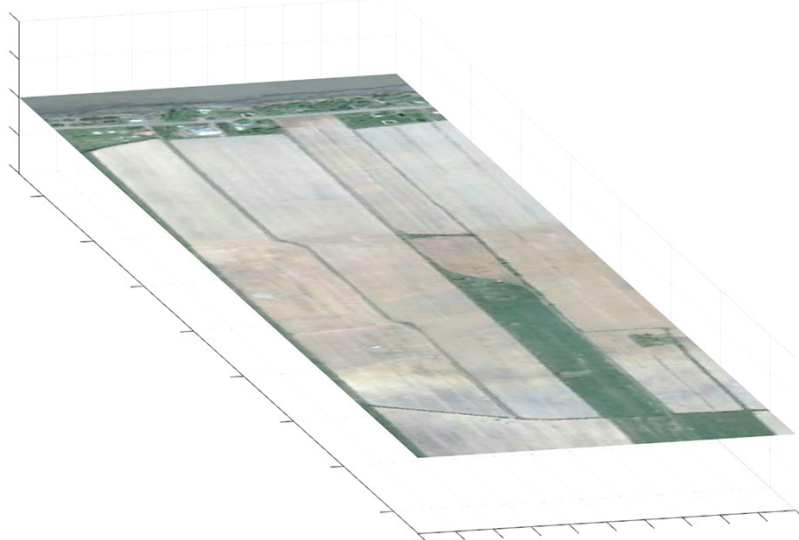


AgroEnviroLab

Votre
gouvernement

Québec

REPRÉSENTATION 3D DE LA COMPACTION

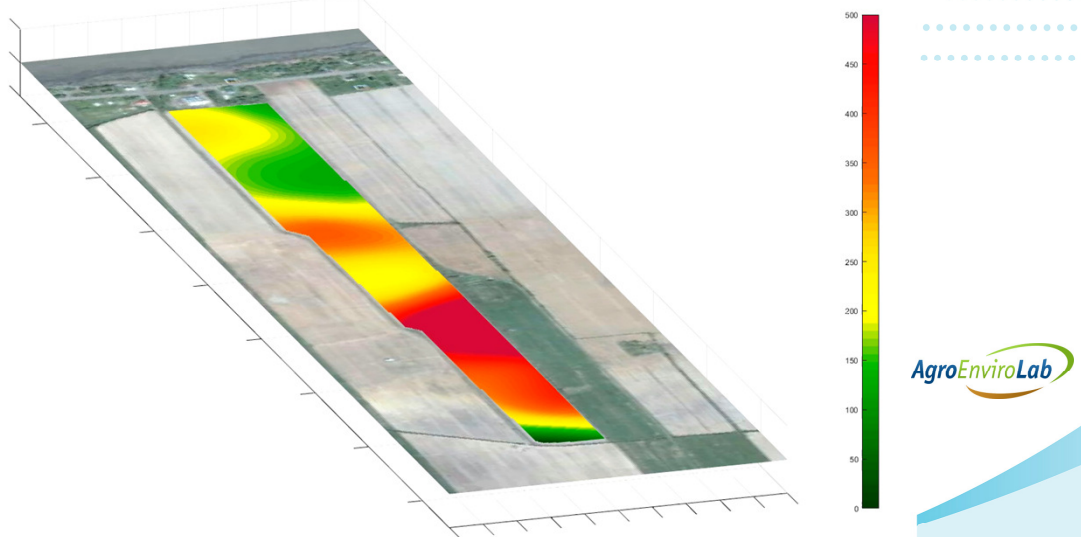


AgroEnviroLab

Votre
gouvernement

Québec

REPRÉSENTATION 3D DE LA COMPACTION



Votre gouvernement

Québec

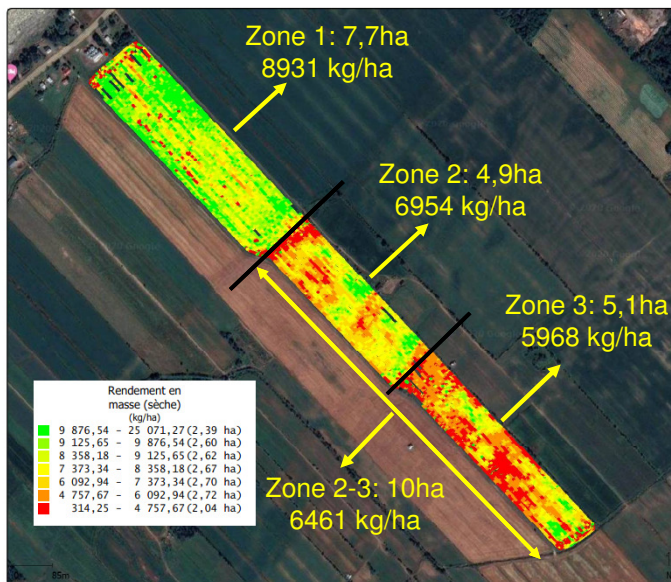
RENDEMENT VS LA COMPACTION À 18 PO



Votre gouvernement

Québec

INTÉRÊTS ÉCONOMIQUES DES CORRECTIFS

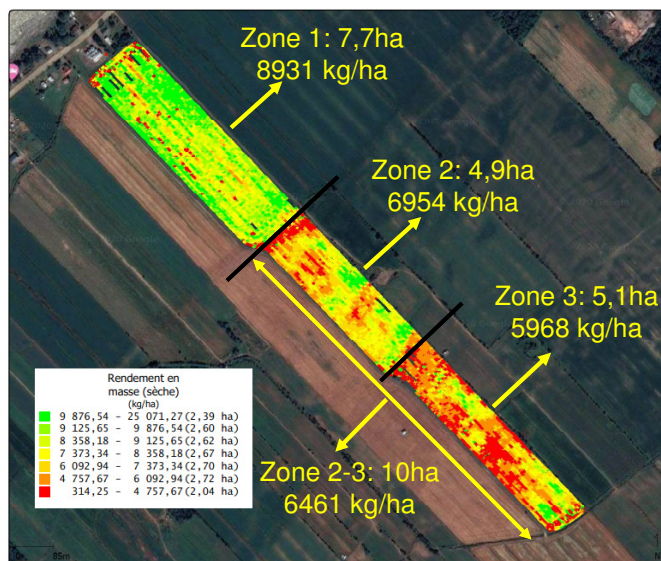


AgroEnviroLab

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

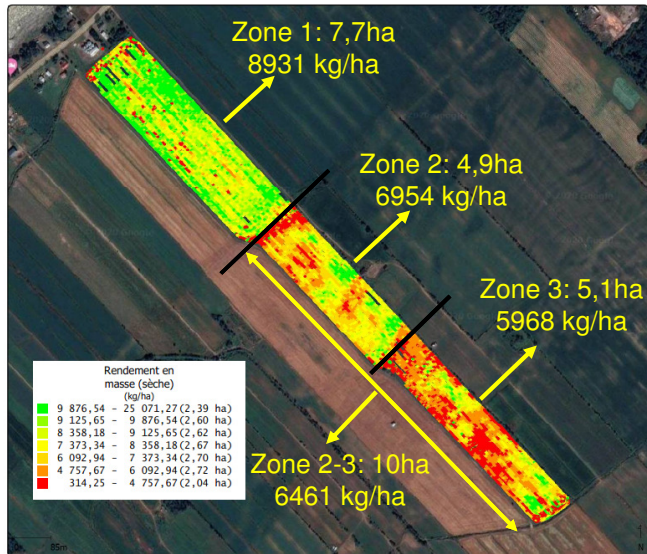
Votre gouvernement

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

Québec



INTÉRÊTS ÉCONOMIQUES DES CORRECTIFS

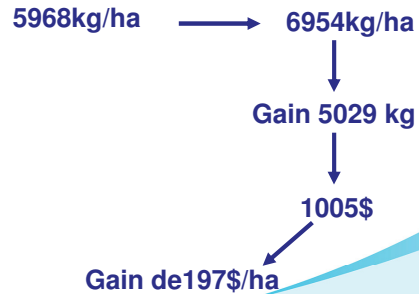


Votre gouvernement

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

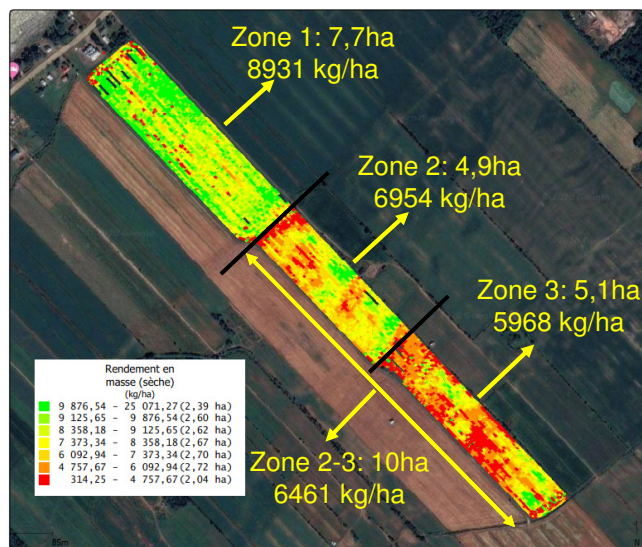
HYPOTHÈSE 2

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



Québec

INTÉRÊTS ÉCONOMIQUES DES CORRECTIFS

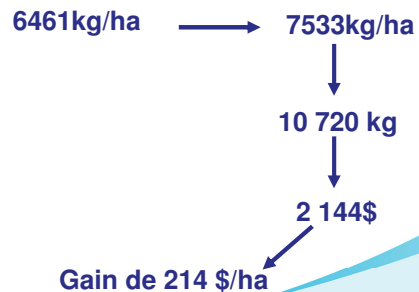


Votre gouvernement

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?

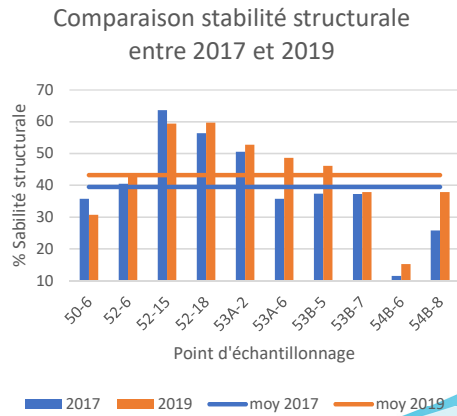
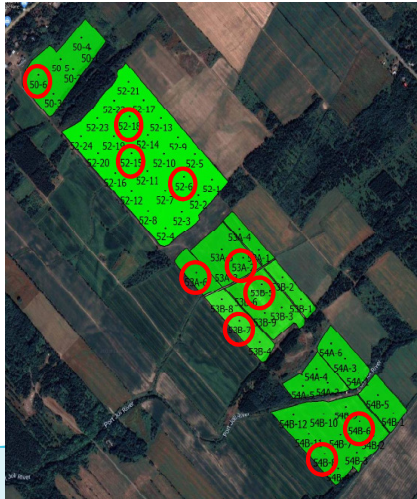
Démarche de diagnostic qui devrait comprendre entre autres des profils de sol à effectuer et autres évaluations physiques pour valider des hypothèses:

- 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.

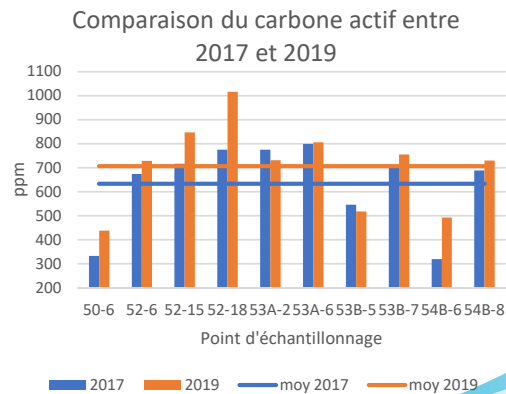
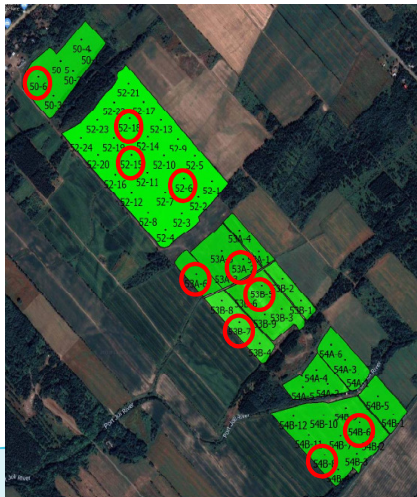
ÉVOLUTION DES INDICATEURS DE SANTÉ DES SOLS



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

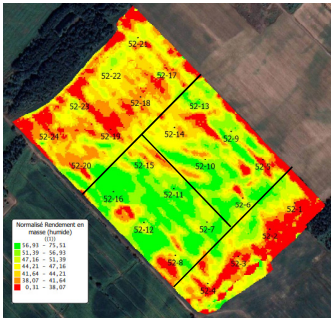


Les pratiques culturales ont un effet sur les indicateurs de santé des sols. Ainsi il est permis de faire évoluer ces pratiques.

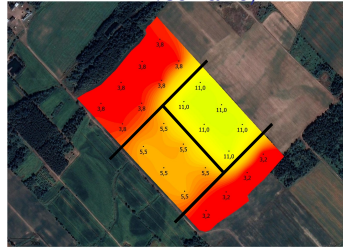


ÉVOLUTION DES INDICATEURS DE SANTÉ DES SOLS

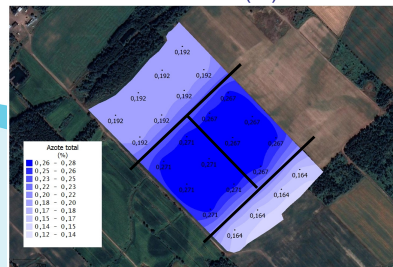
Carte pluriannuelle normalisée 2016-2018



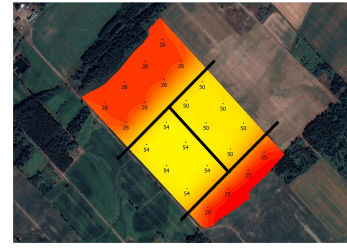
Azote potentiellement minéralisable (ppm N-NH4/semaine)



Azote total (%)



Proportion des agrégats (%)



Votre gouvernement

AgroEnviroLab

Québec

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/>

Votre gouvernement

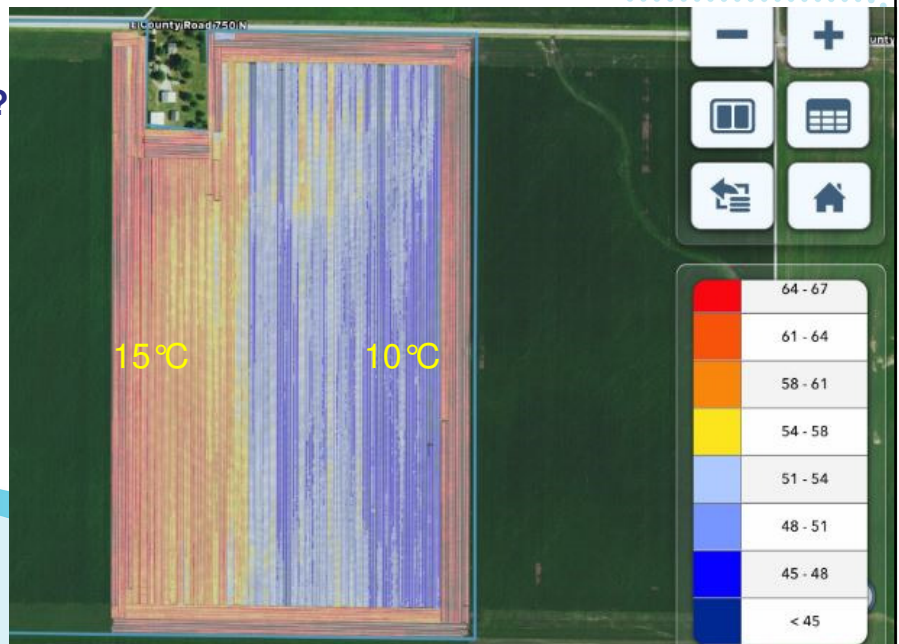
Québec

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.**

