

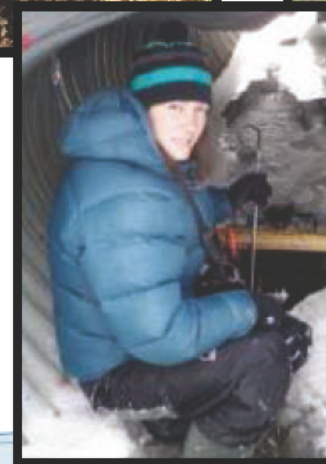
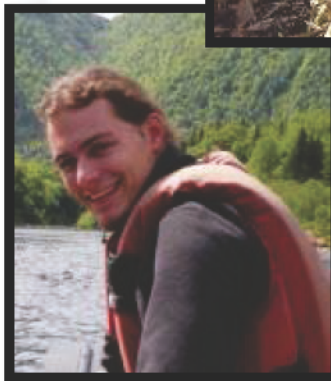
Contamination diffuse de l'eau de surface : outils de diagnostic et axes d'intervention à l'échelle de la ferme

Aubert Michaud, IRDA

**TABLE DE CONCERTATION
RÉGIONALE DU LAC SAINT-PIERRE
Louiseville, 21 septembre 2016**



Salutations de l'équipe de géomatique et bassins versants de l'IRDA



Plan de la présentation

Outils de diagnostic et axes d'intervention à l'échelle de la ferme

- ***Conclusion...***
- ***1^{ère} ligne: Travailler aux sources***
- ***2^e ligne: Modérer les transports***
- ***Des outils pour intervenir sur mesure***

Conclusion

Constat No 1:

La qualité des sols: Une prémisse à la productivité des cultures.



Source: Anne Weill, CRAAQ, 2009.

Conclusion

Constat No 2: L'égouttement, facteur déterminant de la qualité du sol



Conclusion

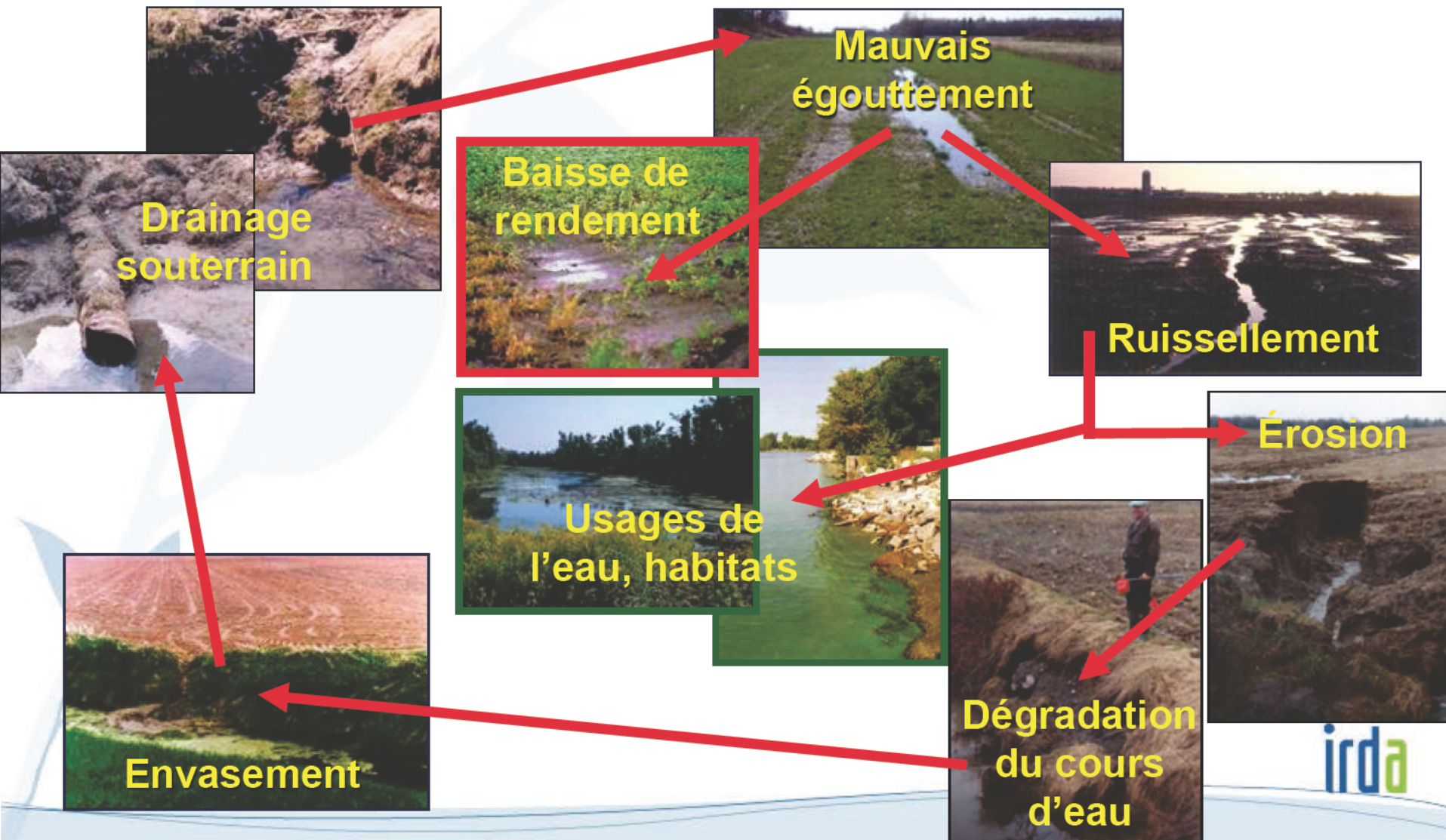
Constat No 3:

Les zones de champs mal égouttées sont aussi à la source du ruissellement de surface, principal vecteur de la contamination diffuse des eaux en milieu rural.



Constat No 4:

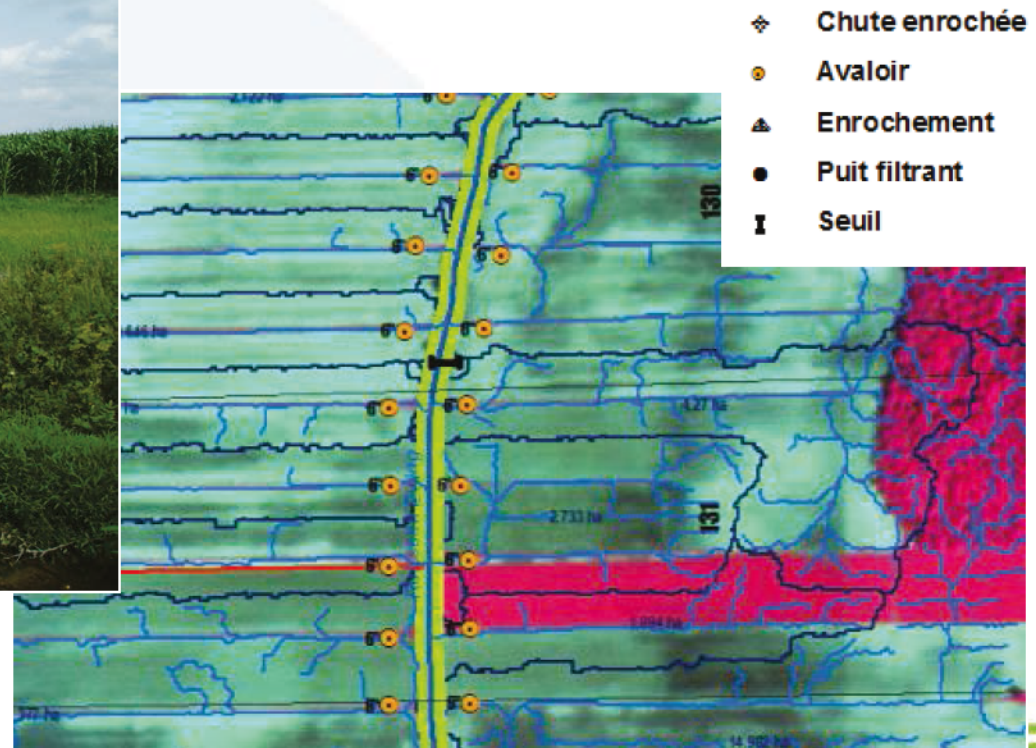
La qualité du sol, l'égouttement des champs, le rendement des cultures et la qualité de l'eau:
DES ENJEUX INTERRELIÉS



Constat No 5:

L'action concertée à l'échelle du petit bassin versant:

Pour assurer des résultats tangibles et durables dans l'égouttement des terres et la qualité de l'eau.



Lauzier, 2007. Projet Lisière Verte, Rivière Au Brochet.

Constat No 6:

COMBINER LES LIGNES DE DÉFENSE...

Les solutions sont GAGNANT-GAGNANTES !

Gérer les sources
et les stocks

Enrichissement du sol
Modalités des apports

Modérer les
Transports

Système de culture et
qualité des sols

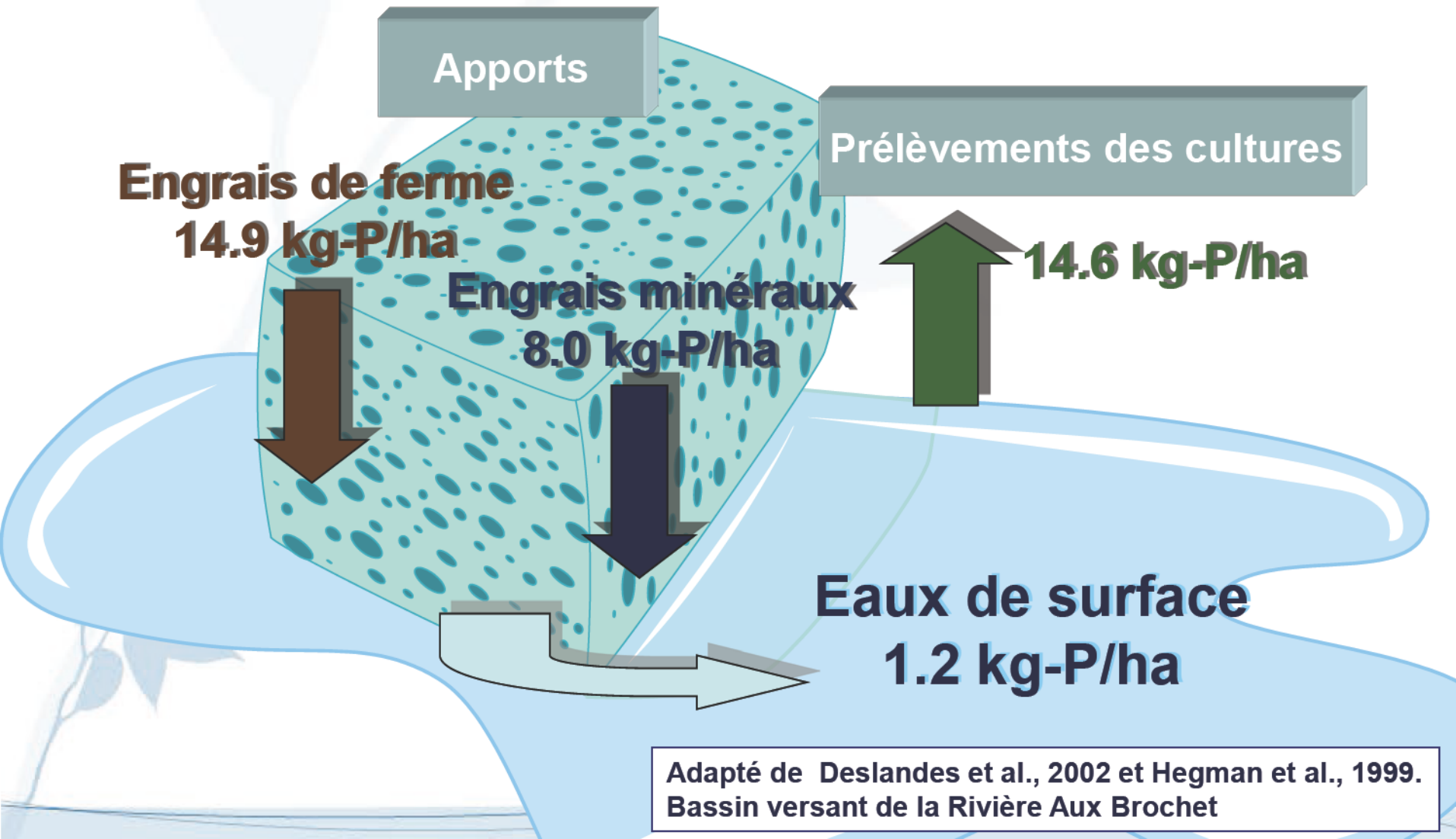
Aménagement des terres et
cours d'eau



Gérer les Sources et les stocks...

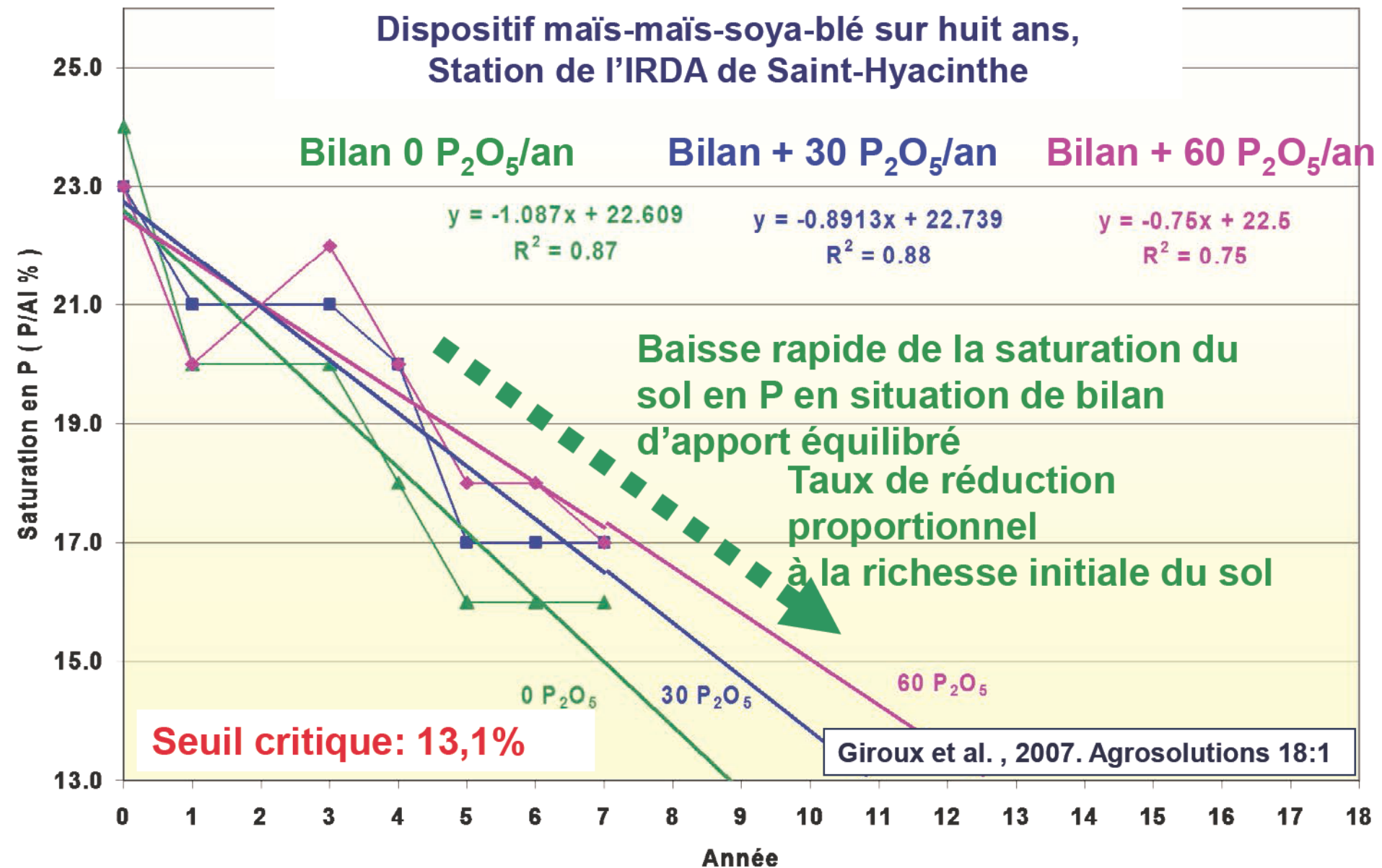
Bilan des apports de P à l'échelle du bassin

Rien ne se perd...



Adapté de Deslandes et al., 2002 et Hegman et al., 1999.
Bassin versant de la Rivière Aux Brochet

Régie des sols riches: Dynamique de rétroversion



Gérer les Sources et les stocks...

Modalités d'apport des engrais

Prévenir les pertes évènementielles:

Épandre la bonne dose, au bon endroit et au bon moment...

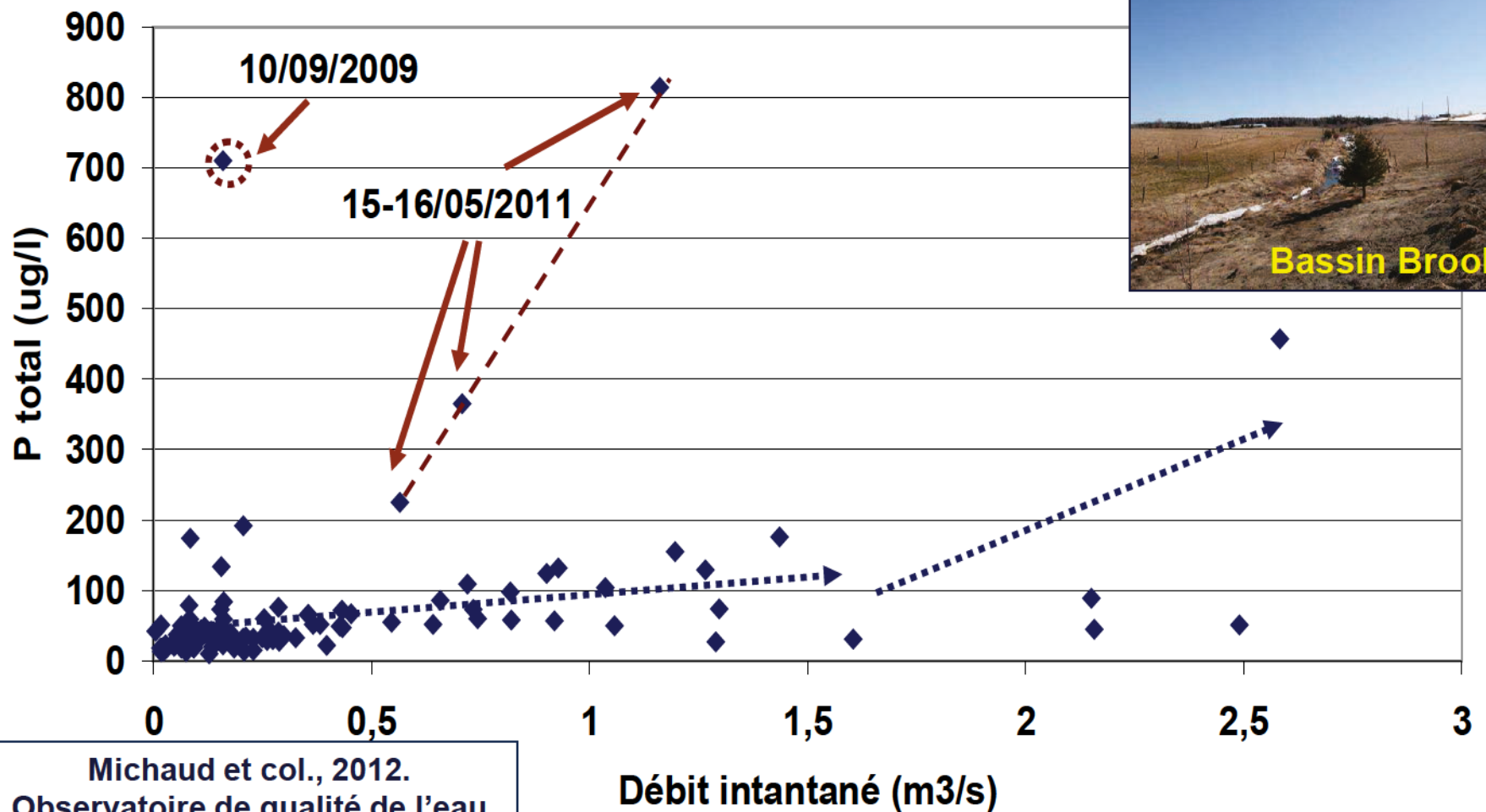


Prévenir la stratification de l'enrichissement du sol:

Priorité à l'incorporation

Gérer les Sources et les stocks... Le phosphore
Vulnérabilité saisonnière des pertes de P

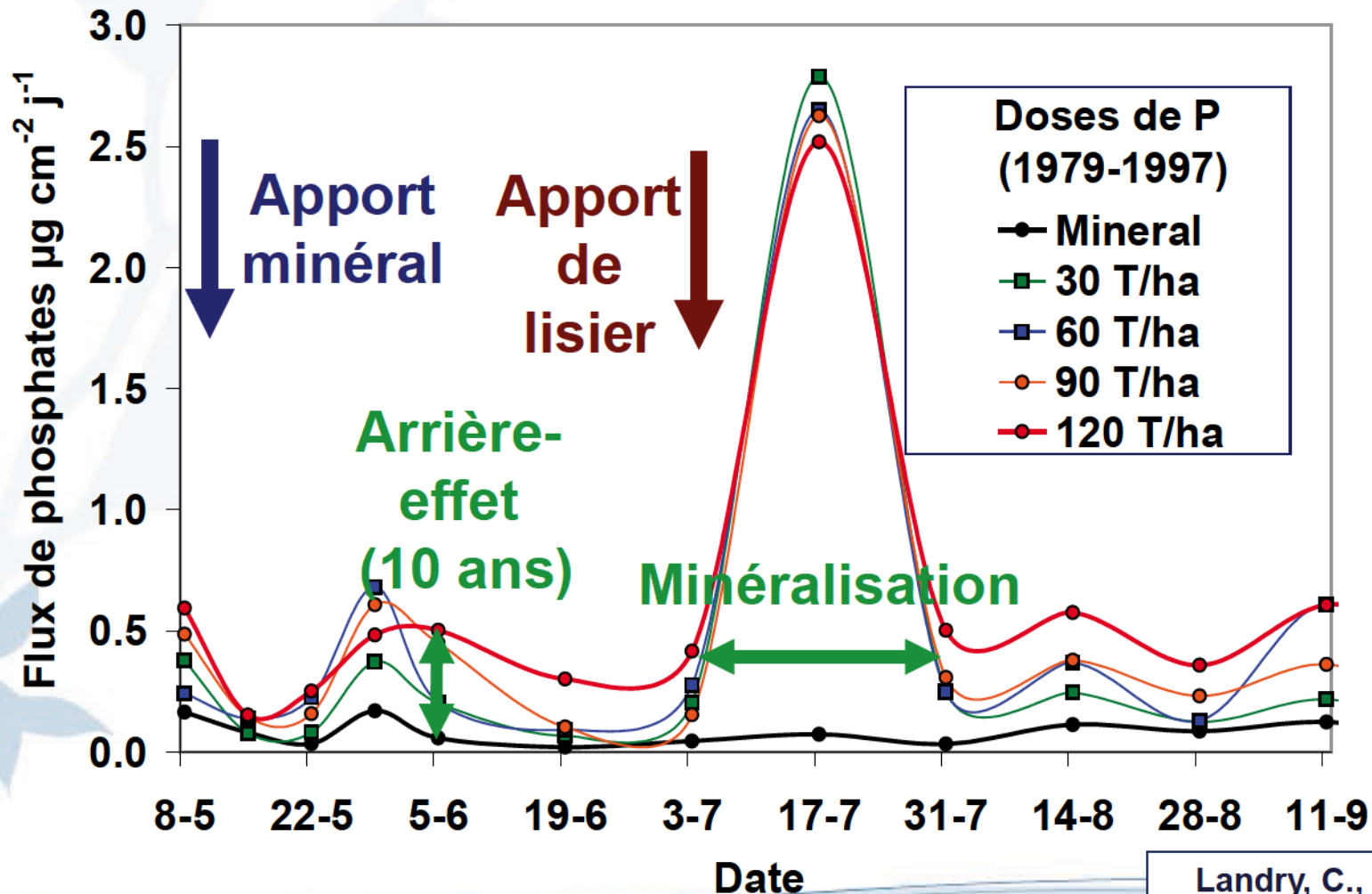
***Concentrations en P total et débits instantanés observés
ruisseau Brook, Estrie, pour la période d'étude 2009-2011***



Gérer les Sources et les stocks... Le phosphore

Apports en post-levée des engrais de ferme

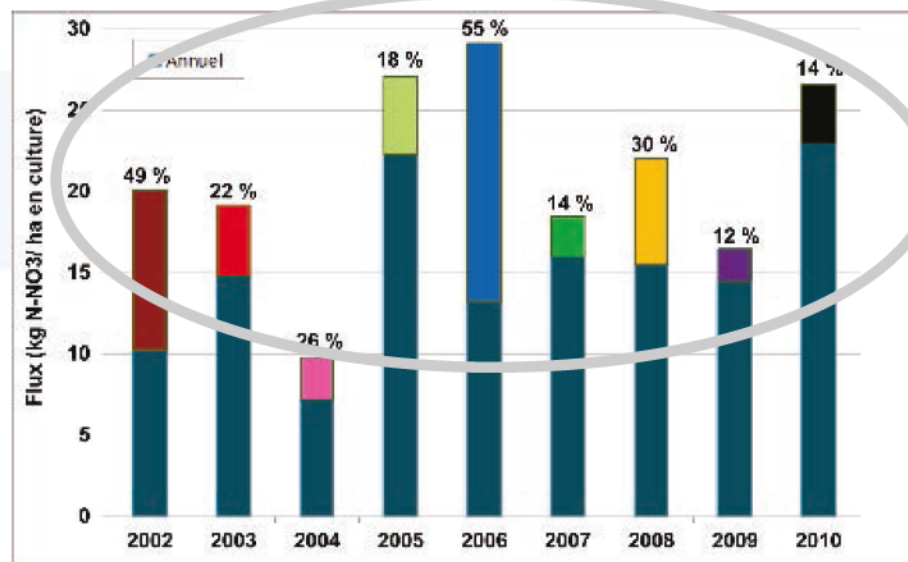
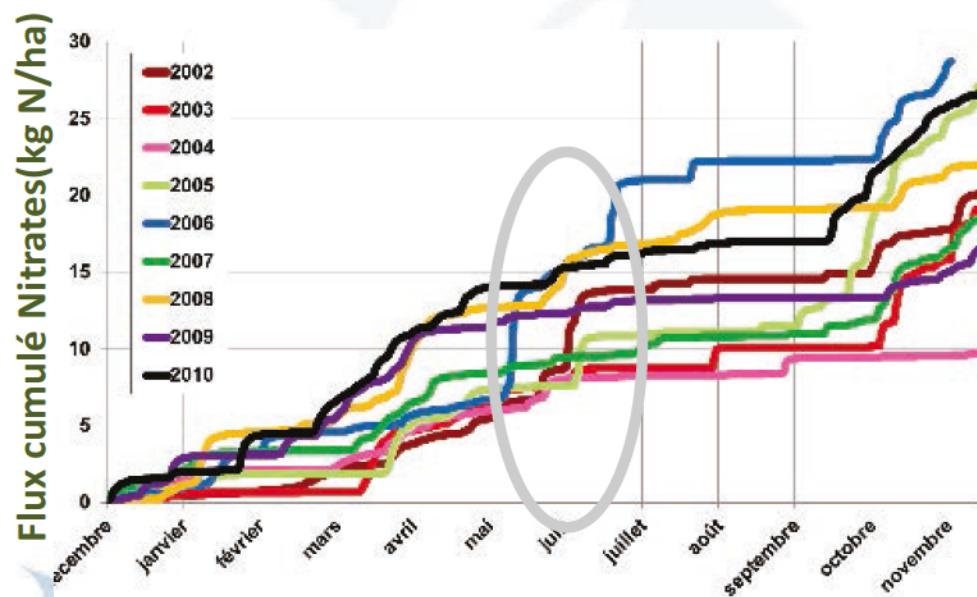
Flux de phosphore mesurés en parcelles expérimentales
Essais longue durée (1979-2011), Station de l'IRDA, Saint-Lambert-de-Lauzon



Gérer les Sources et les stocks... L'azote

Modalités d'apport des engrais

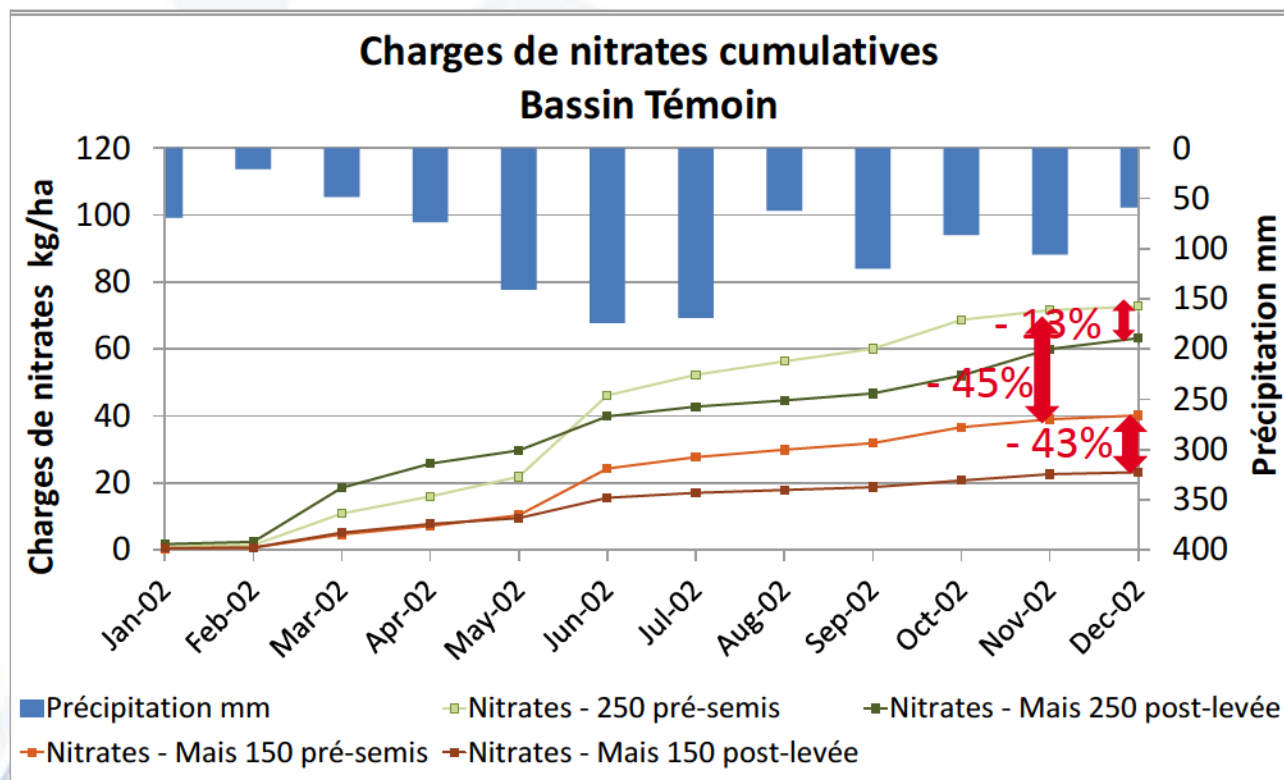
Distribution des flux cumulés de nitrates à l'exutoire du bassin Éwing, en Montérégie



Gérer les Sources et les stocks... L'azote

Modalités d'apport des engrais

Charges cumulées de nitrates selon les scénarios de régie
Bassin Walbridge aval, Montérégie

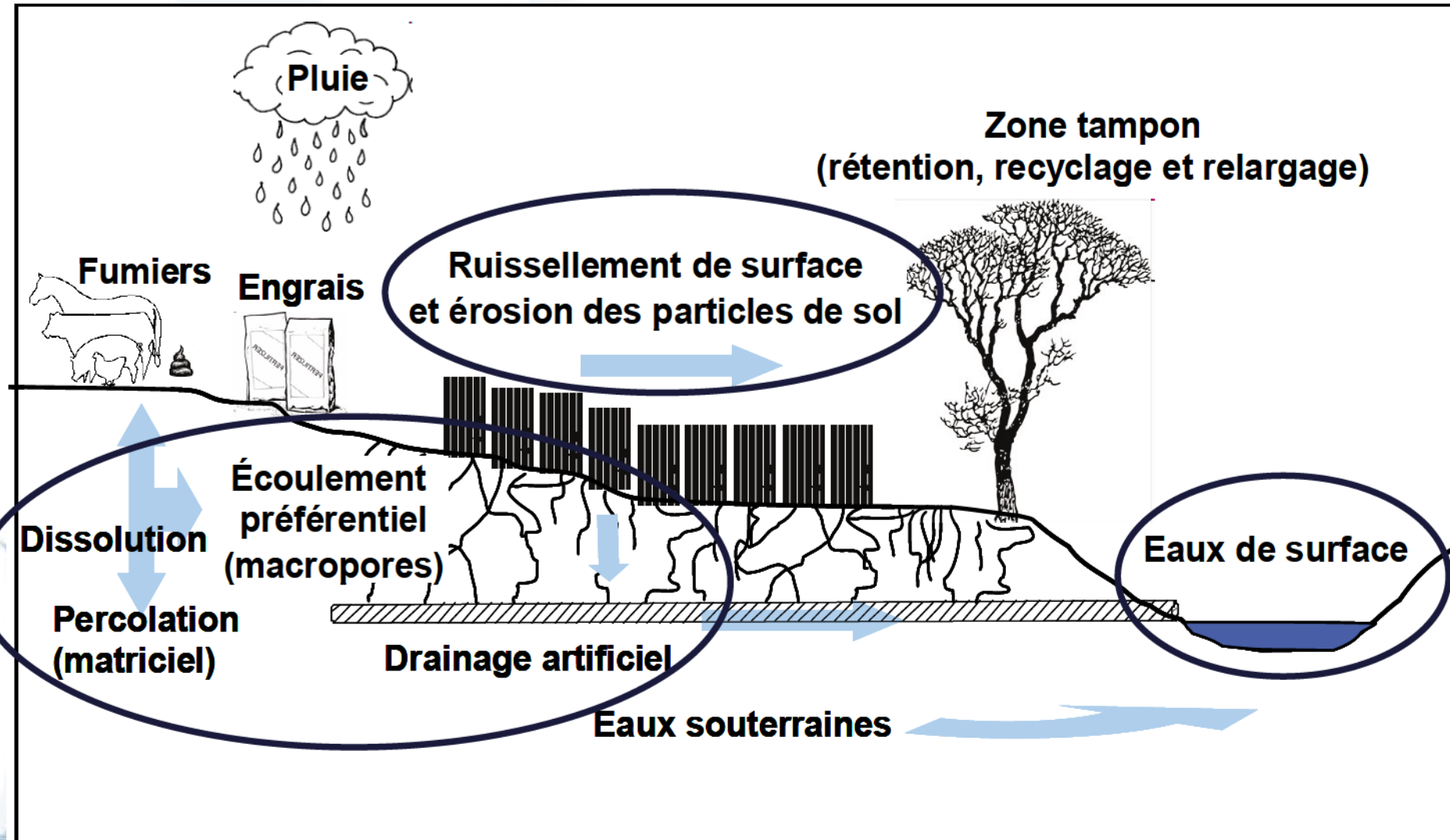


Adapté de Michaud et col., 2014. Projet RÉZOTAGE.

<http://www.irda.qc.ca/fr/publications/rezotage-realisation-de-zones-technico-economiques-agricoles-de-gestion/>

Modérer les transports...

Hydrologie agricole 101: Cheminement de surface et souterrain des eaux

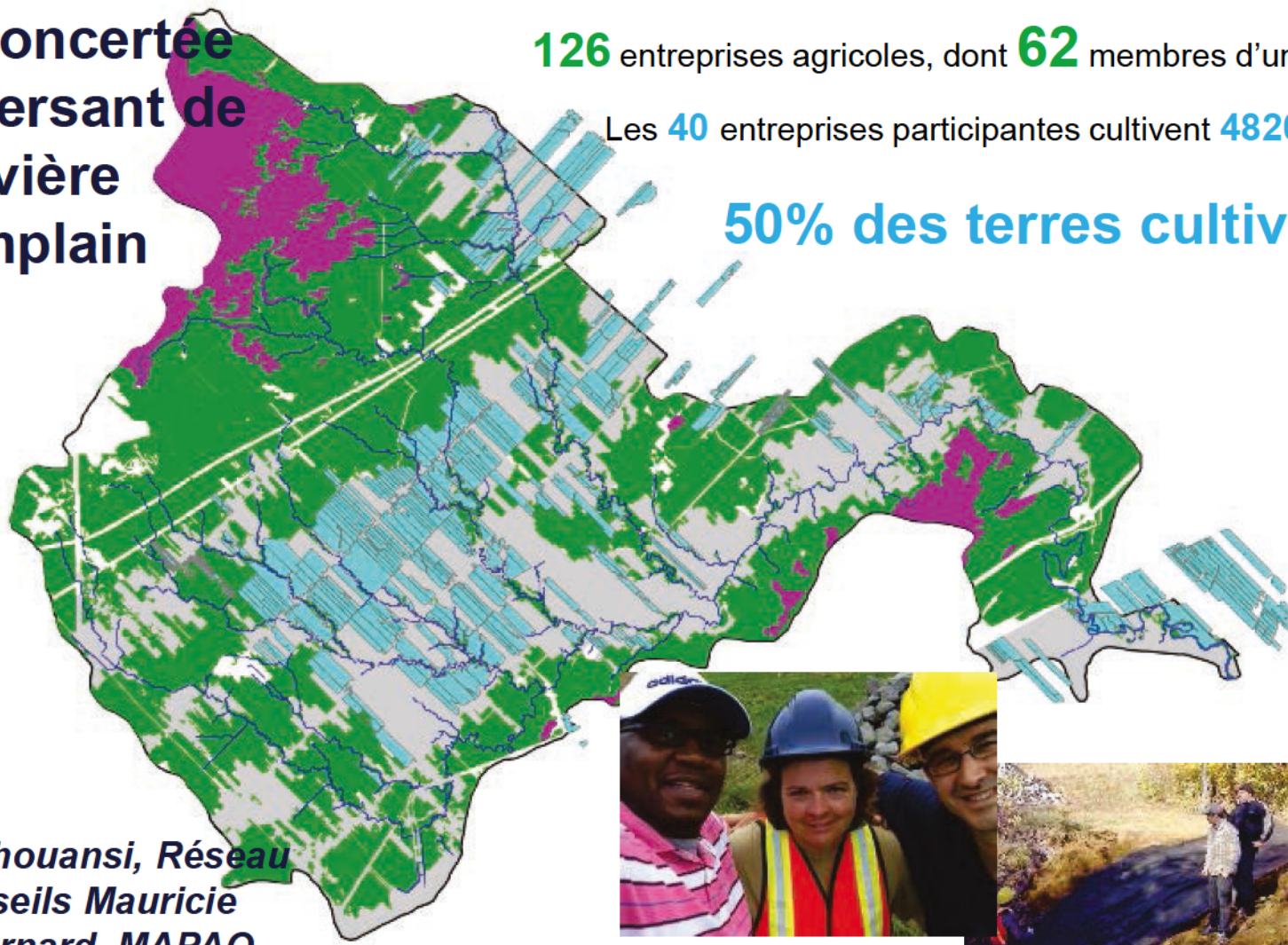


Action concertée Bassin versant de la rivière Champlain

126 entreprises agricoles, dont **62** membres d'un CCAE

Les **40** entreprises participantes cultivent **4820,46** ha

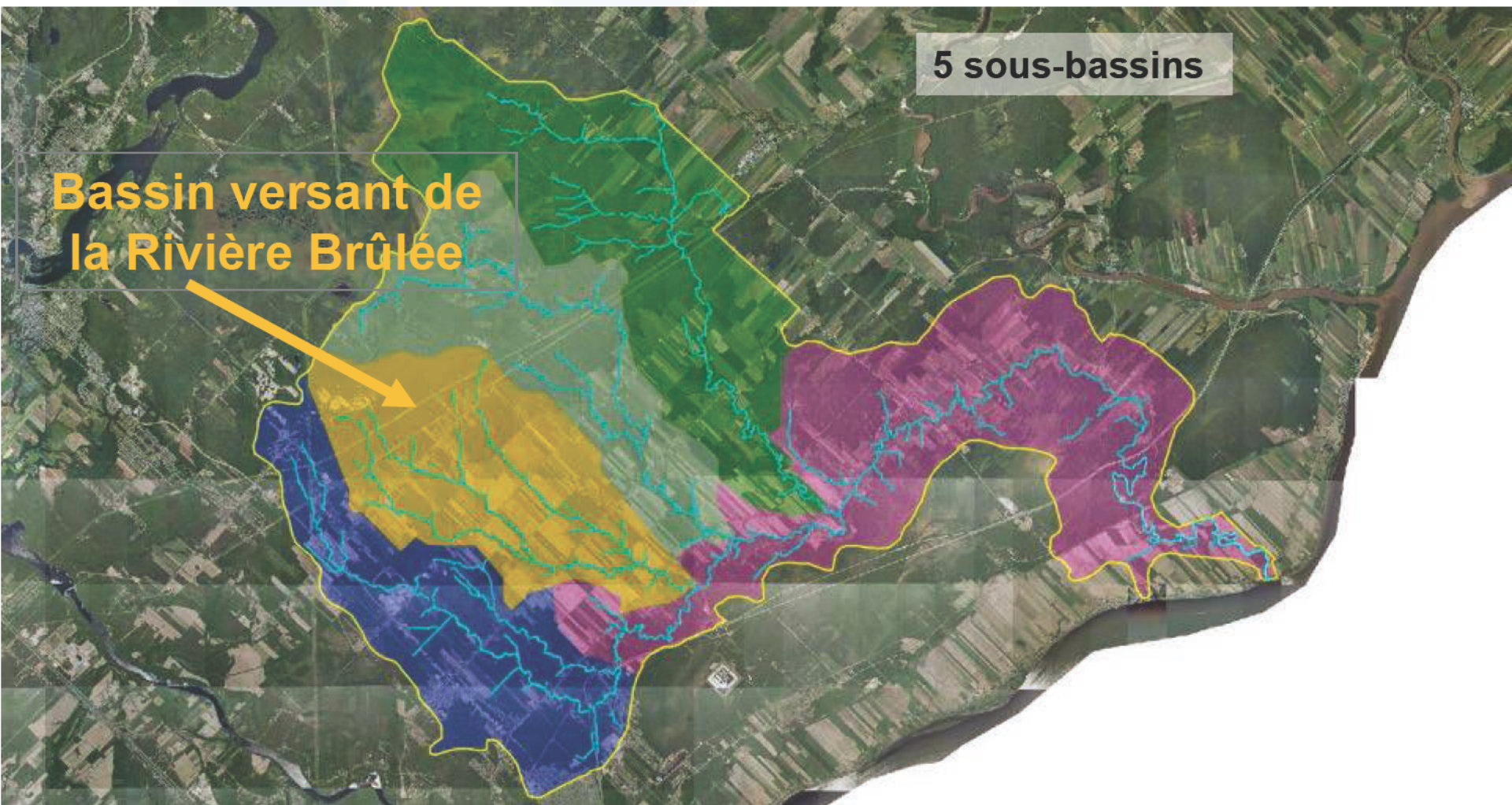
50% des terres cultivées



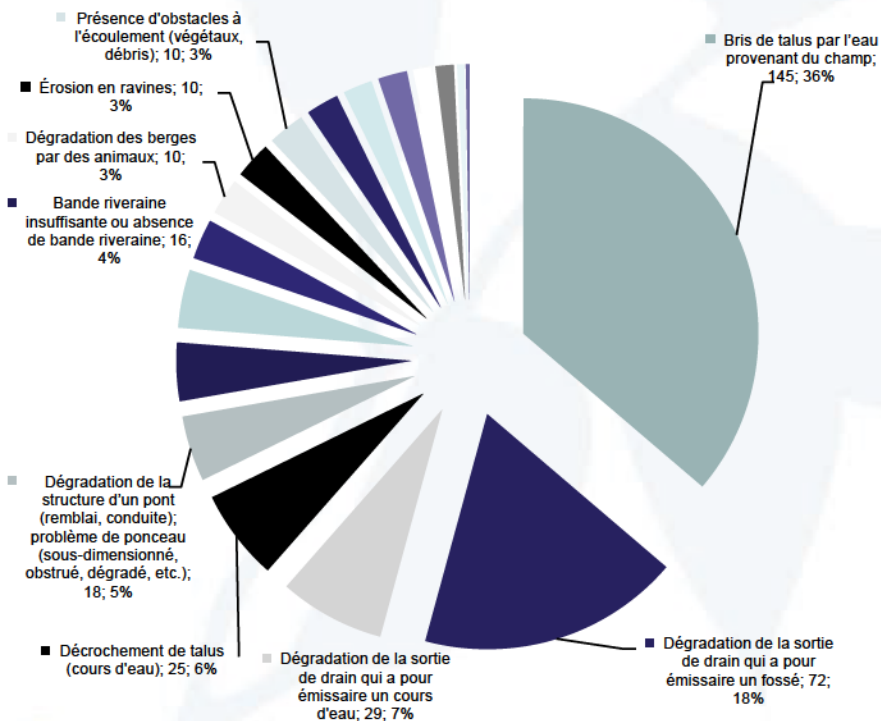
**Magloire Tchouansi, Réseau
Agri-conseils Mauricie
Hélène Bernard, MAPAQ**



Action concertée Bassin versant de la rivière Champlain



État de situation des problématiques agroenvironnementales



Objectifs

- **DÉCRIRE:** Caractériser les transferts de sédiments et de nutriments vers les eaux de surface;
- **EVALUER:** Mesurer la réponse de la qualité de l'eau suite aux actions concertées dans les bassins versants;
- **PRÉDIRE:** Développer et valider des outils de gestion du parcellaire et du territoire;



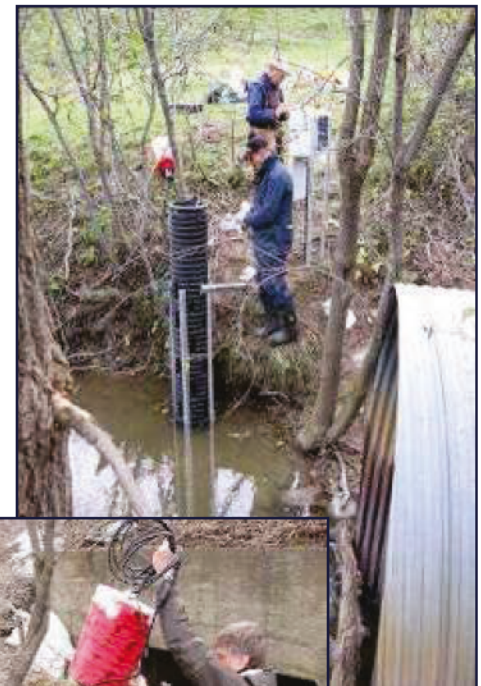
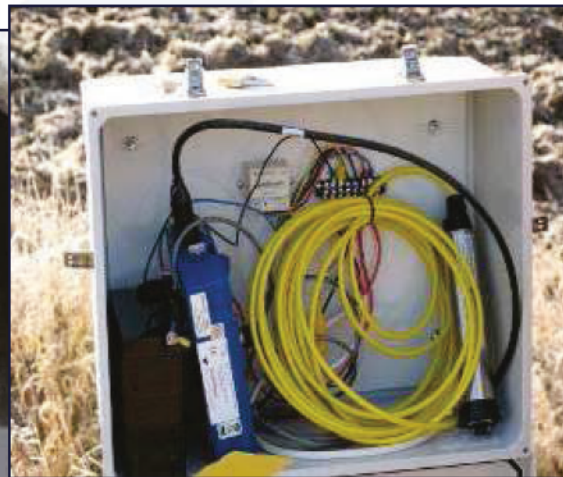
Le réseau de l'observatoire **Suivi hydrométrique**



Le réseau de l'observatoire

Dispositifs expérimentaux et méthodes

**Limnimètre et
sonde
acoustique**



**Dispositif
d'alimentation solaire**

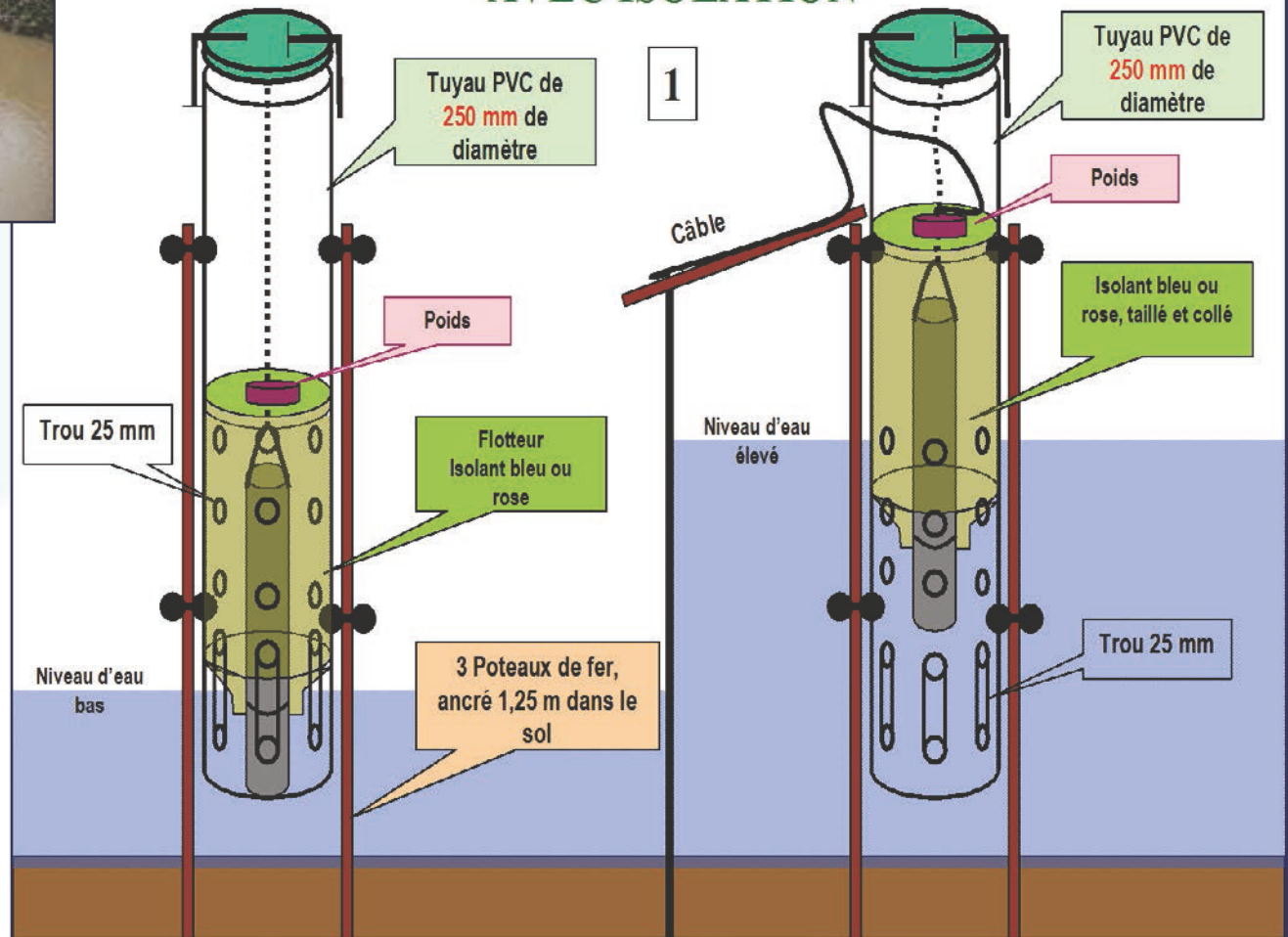


**Sonde multi-
paramètres**

Décrire le cheminement de surface et souterrain des eaux

Signatures géochimiques en continu

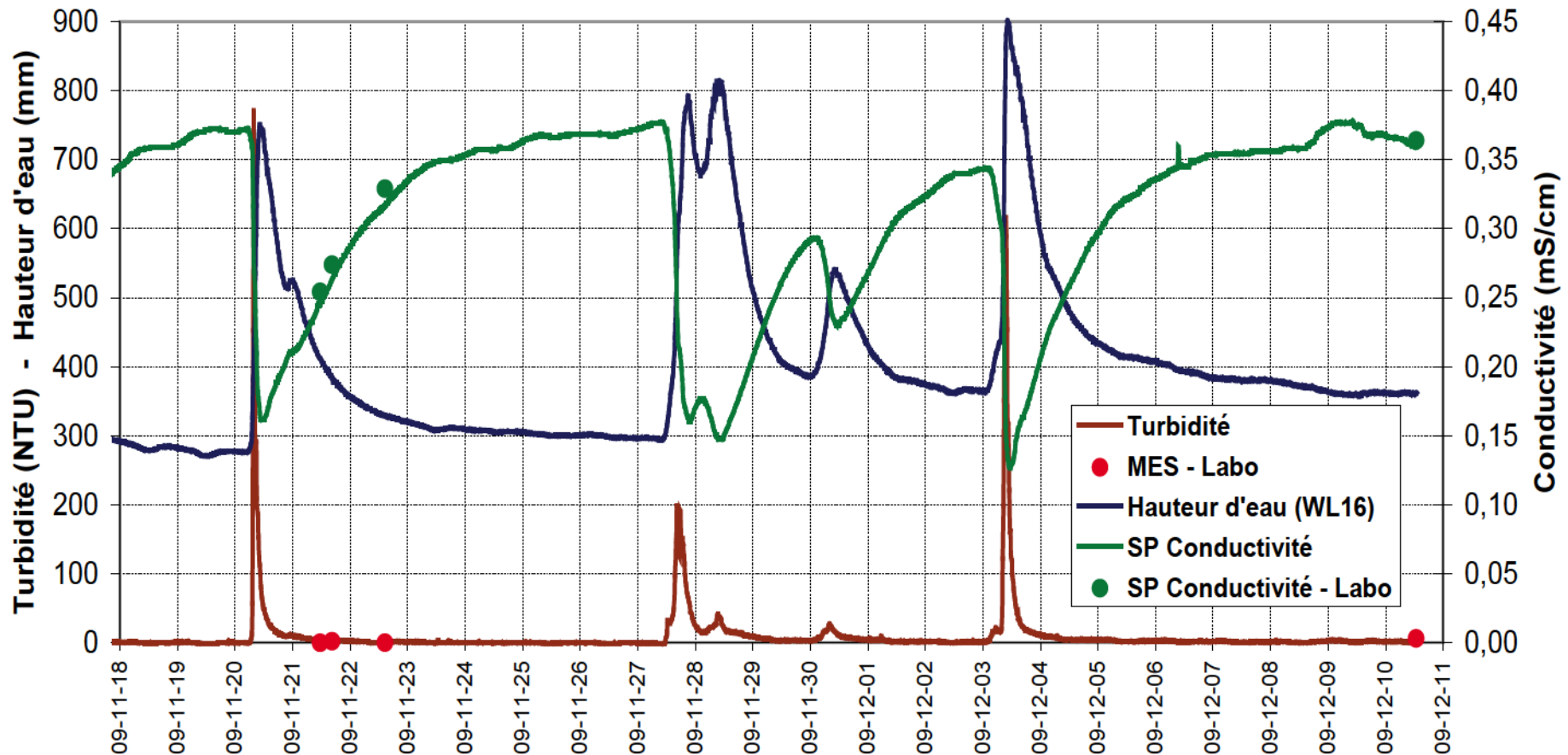
SHÉMA D'INSTALLATION DES SONDES AVEC ISOLATION



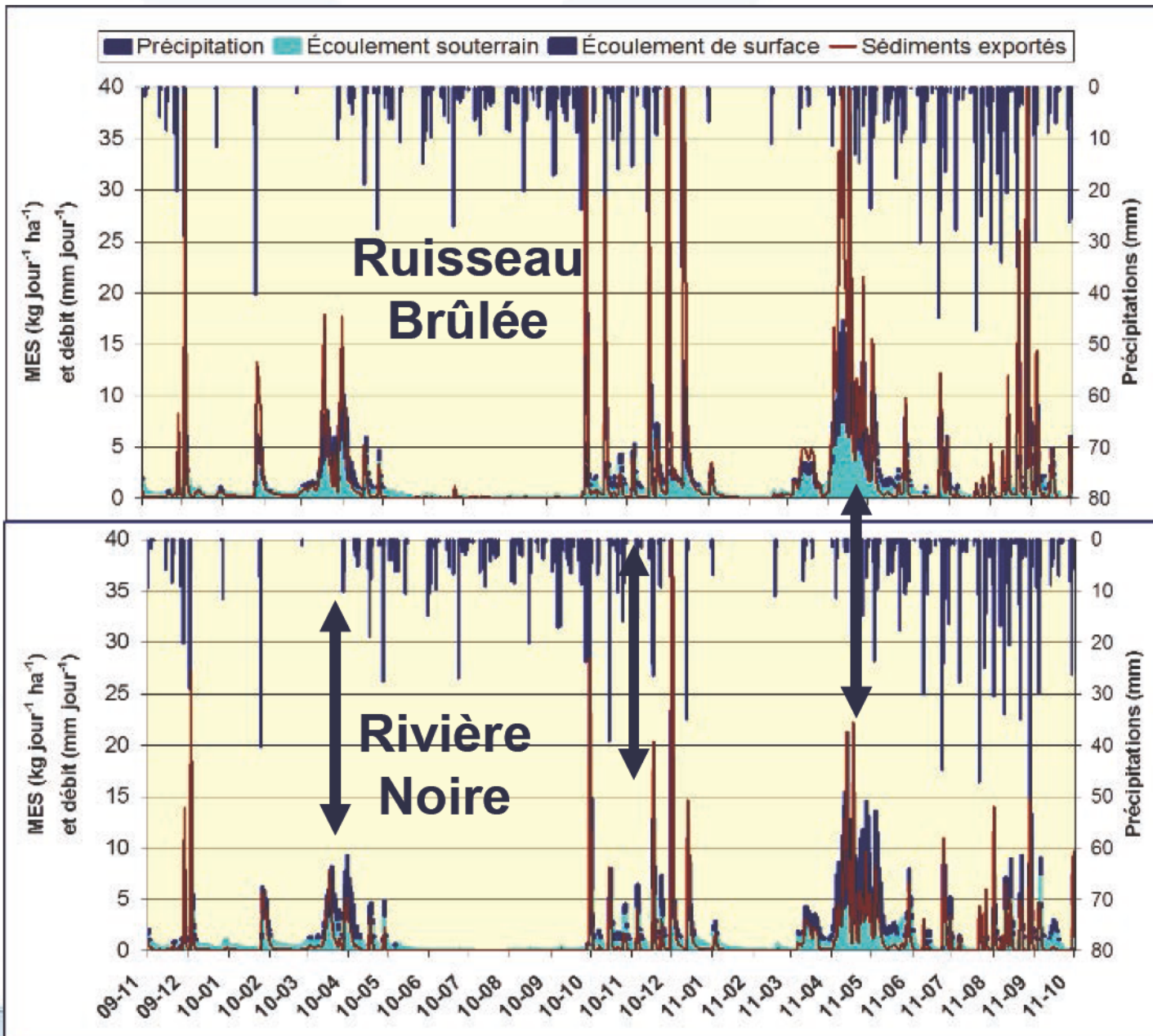
Décrire le cheminement de surface et souterrain des eaux

Signatures géochimiques en continu

Signaux de turbidité, conductivité et hauteur d'eau aux 15 minutes



Précipitations, écoulements de surface et souterrain, et charges journalières de sédiments durant la période de référence 2009-2011



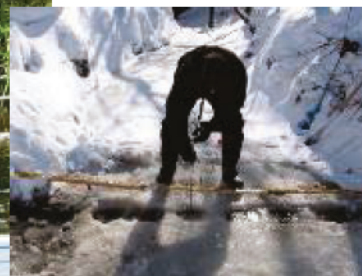
Moyenne annuelle des précipitations et des hauteurs d'eau exportées pour la période d'étude 2009-2011 (769 jours)

Précipitation	983 mm	
Ruisseau Brûlé		
Ruissellement de surface	202 mm	720 mm
Écoulement souterrain	518 mm	
Rivière Noire		
Ruissellement de surface	215 mm	654 mm
Écoulement souterrain	438 mm	



Charges annuelles de sédiments et de nutriments des ruisseaux Brûlée et Noire pour la période de référence 2009-2011

	Bassin	
	Noire	Brulée
Flux exporté (moyenne annuelle / superficie du bassin)		
Matière en suspension (kg/ha)	435	1398
Phosphore total (kg/ha)	0,98	3,18
Phosphore biodisponible (kg/ha)	0,42	0,57
Ortho-phosphates (kg/ha)	0,23	0,13
Phosphore total en solution (kg/ha)	0,28	0,17
Azote ammoniacal (kg/ha)	1,07	1,18
Nitrates (kg/ha)	8,59	16,89
Calcium (kg/ha)	96	99



Projet d'observatoire de la qualité de l'eau de surface en bassins versants agricole



- Des correctifs ont été planifiés dans les 18 entreprises agricoles du bassin intervention
- 11 entreprises ont réalisé tous les correctifs recommandés

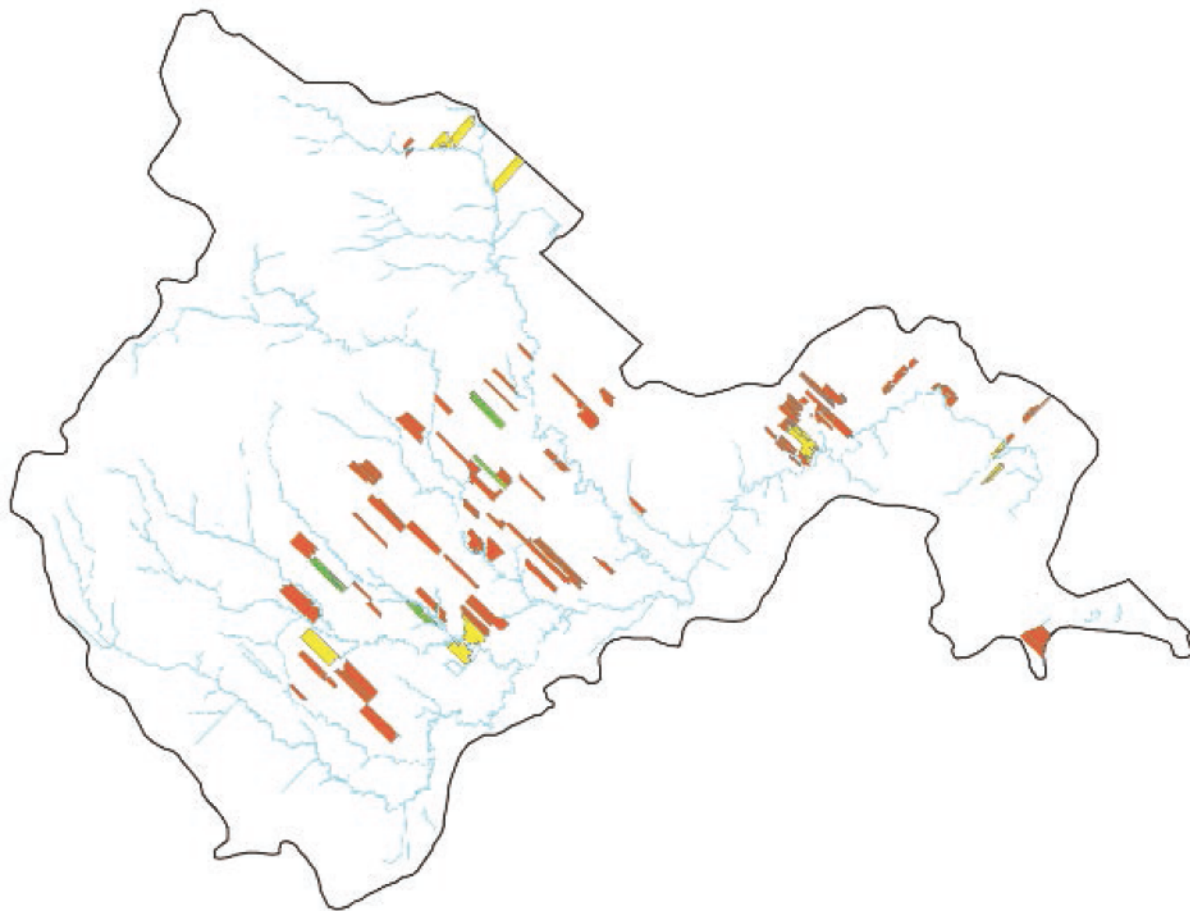
Travaux réalisés dans le bassin Intervention de l'Observatoire, la rivière Brûlée

	Travaux réalisés dans le bassin intervention
Nombre de protections de sorties de drains existantes	44
Nombre de déversoirs enrochés	75
Nombre de réfection ou stabilisation de pont ou ponceau	10
Longueur de risberme (m)	813 m
Longueur (m) de haie brise-vent	2,182
Longueur (m) de bandes riveraines caractérisées et balisées	16,619
Nombre de sites où des animaux ont été retirés des cours d'eau	5
Superficie de coulées reboisées (ha)	4,9 ha



(Tchouansi, 2014).

Projets d'accompagnement à l'implantation de bonnes pratiques agricoles (semis-direct, cultures de couvre-sol)



Prime vert 2009-2012



62,5 ha en cultures de couverture



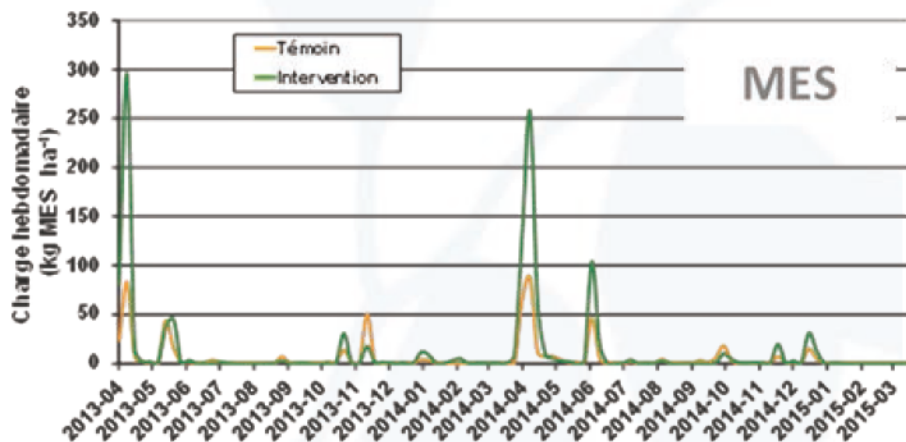
353,5 ha en semis direct



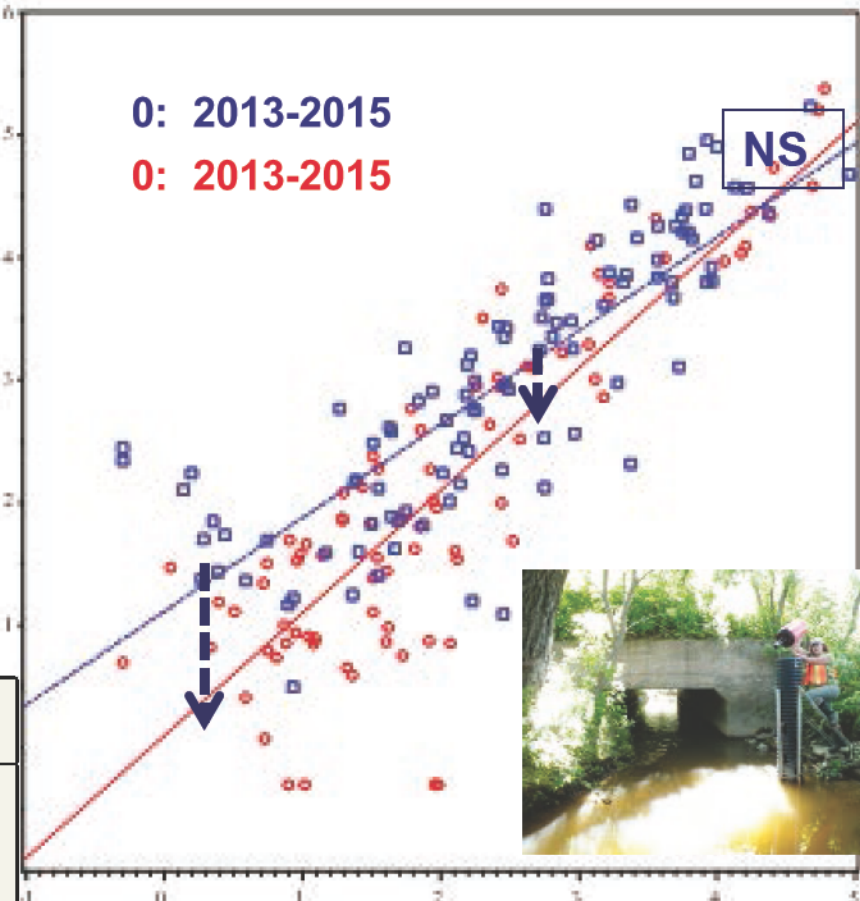
95 ha en travail réduit du sol

Période d'Évaluation vs Référence: Flux de sédiments

Comparaison des flux hebdomadaires de sédiments (MES) entre les stations de la rivière Noire et de la rivière Brûlée et les périodes de référence 2009-2011 et d'évaluation 2013-2015.



Rivière Brûlée (kg MES/semaine)



Rivière Noire (kg MES/semaine)

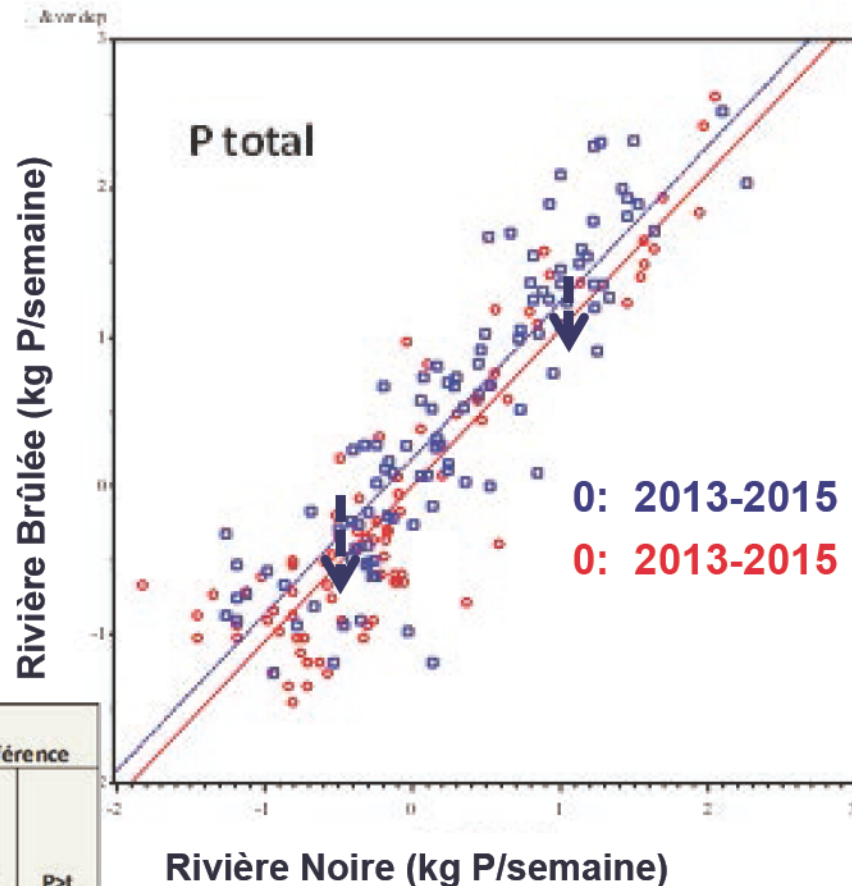
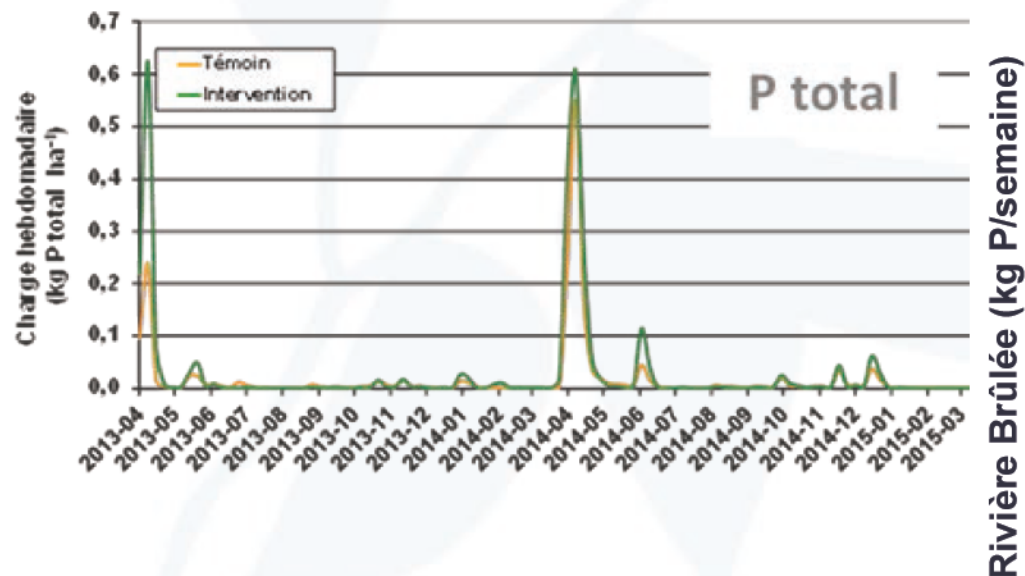
Paramètre	Type de modèle final ¹	Degré de liberté (den)	Valeur F des effets fixes			Moyenne des moindres carrés ²		Différence	
			Période	Covariable	Covariable X Période	Période de référence	Période d'évaluation	(%)	P>t
Débit (mm)	MU	210	-	1151,69	-	5,32	5,32	Nulle	NS
Flux MES (kg / ha-sem.)	PD	138	48,34		232,36	4,01	1,29	-68%	<,0001

-68%

Analyse de covariance utilisant les observations de la rivière Noire en covariable.

Période d'Évaluation vs Référence: Flux de phosphore

Comparaison des flux hebdomadaires de phosphore entre les stations de la rivière Noire et de la rivière Brûlée et les périodes de référence 2009-2011 et d'évaluation 2013-2015.



Paramètre	Type de modèle final ¹	Degré de liberté (den)	Valeur F des effets fixes			Moyenne des moindres carrés ²		Différence	
			Période	Covaria-ble	Covaria-ble X Période	Période de référence	Période d'évaluation	(%)	P>t
Conc, Ptotal (ug/l)	PE	182	15,82	67,31	-	164	85	-48%	<0,0001
Flux Ptotal (g/ha/jr)	PE	183	8,57	714,77	-	1,37	0,89	-35%	0,006

1 PD: Pentas de régression distinctes pour les deux périodes; PE: Pentas de régression égales pour les deux périodes; MU: Modèle unique pour les deux périodes,

2 Valeurs anti-log des moyennes pour la valeur médiane (D50) de la covariable (valeur du bassin témoin).

-35%

Modérer les transports...

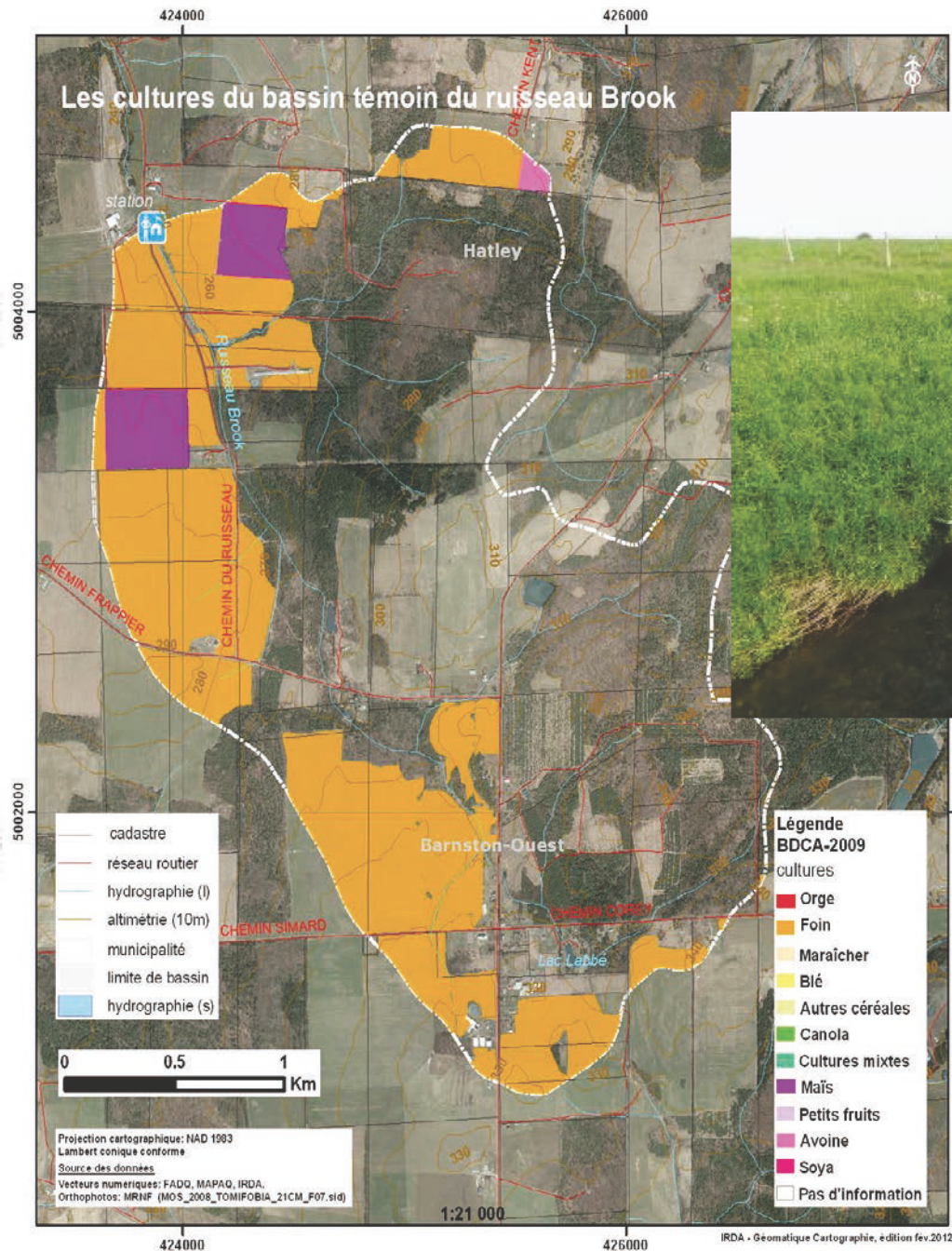
Contribution des milieux humides



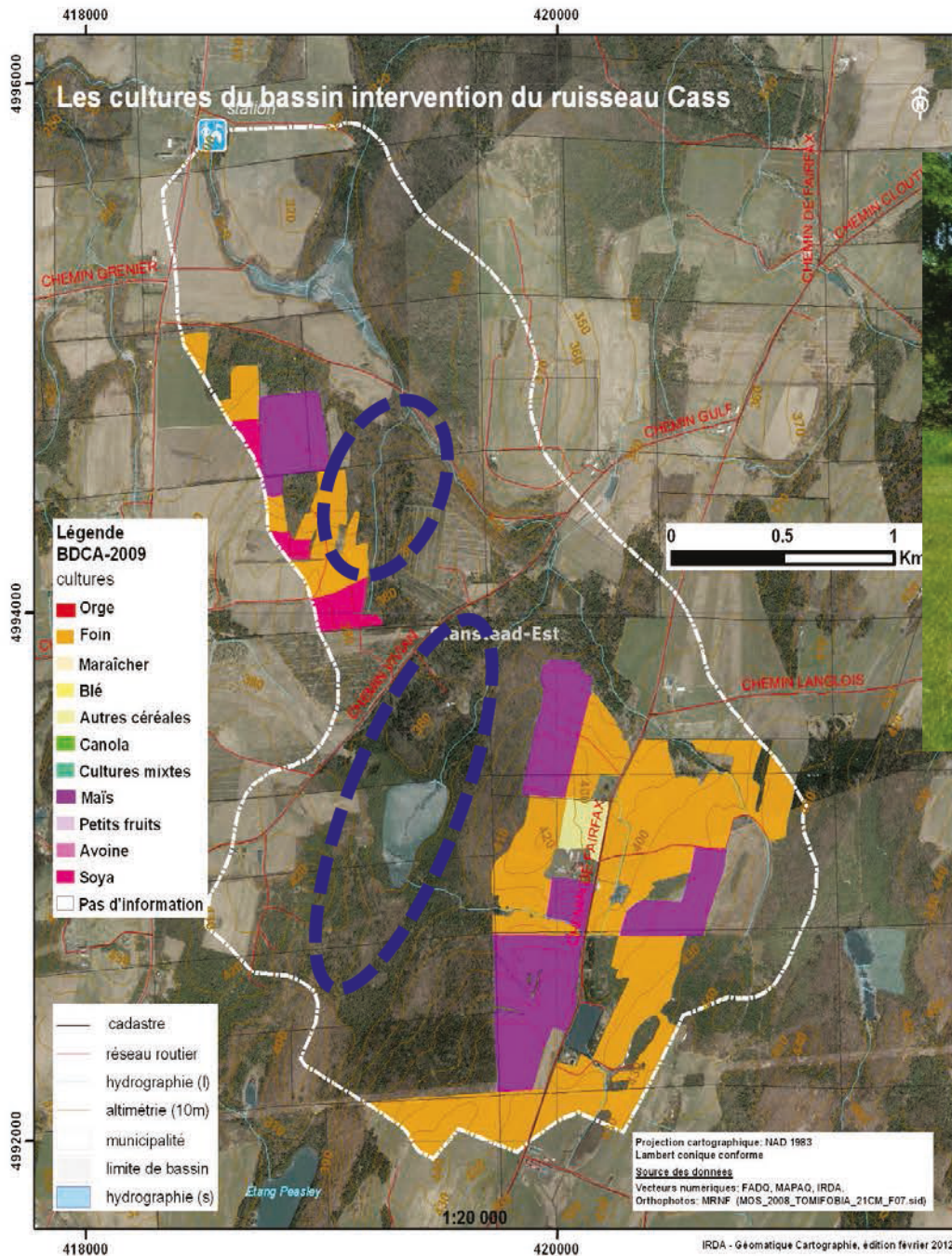
Milieux humides du ruisseau Cass, Estrie



Le ruisseau Brook



Le ruisseau Cass

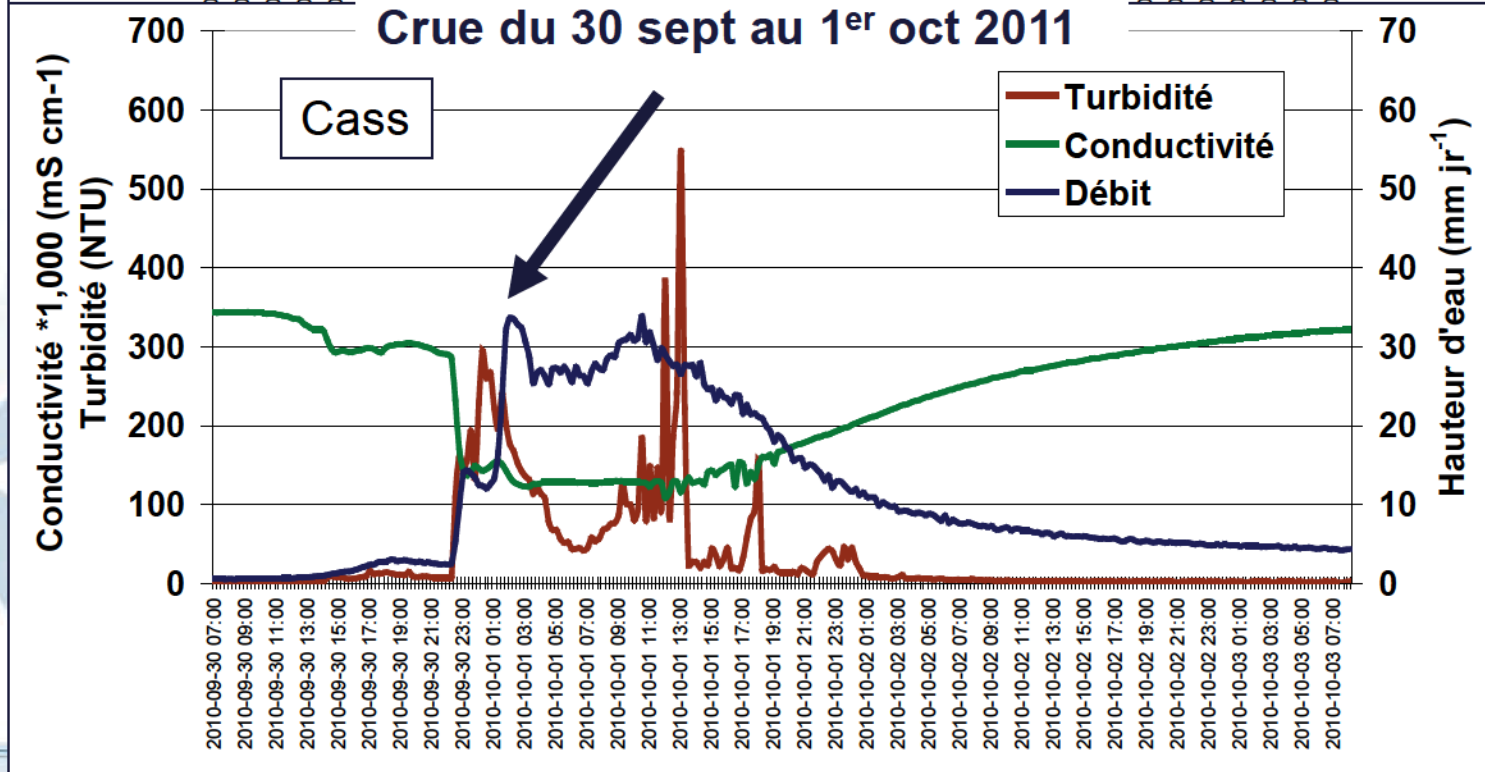
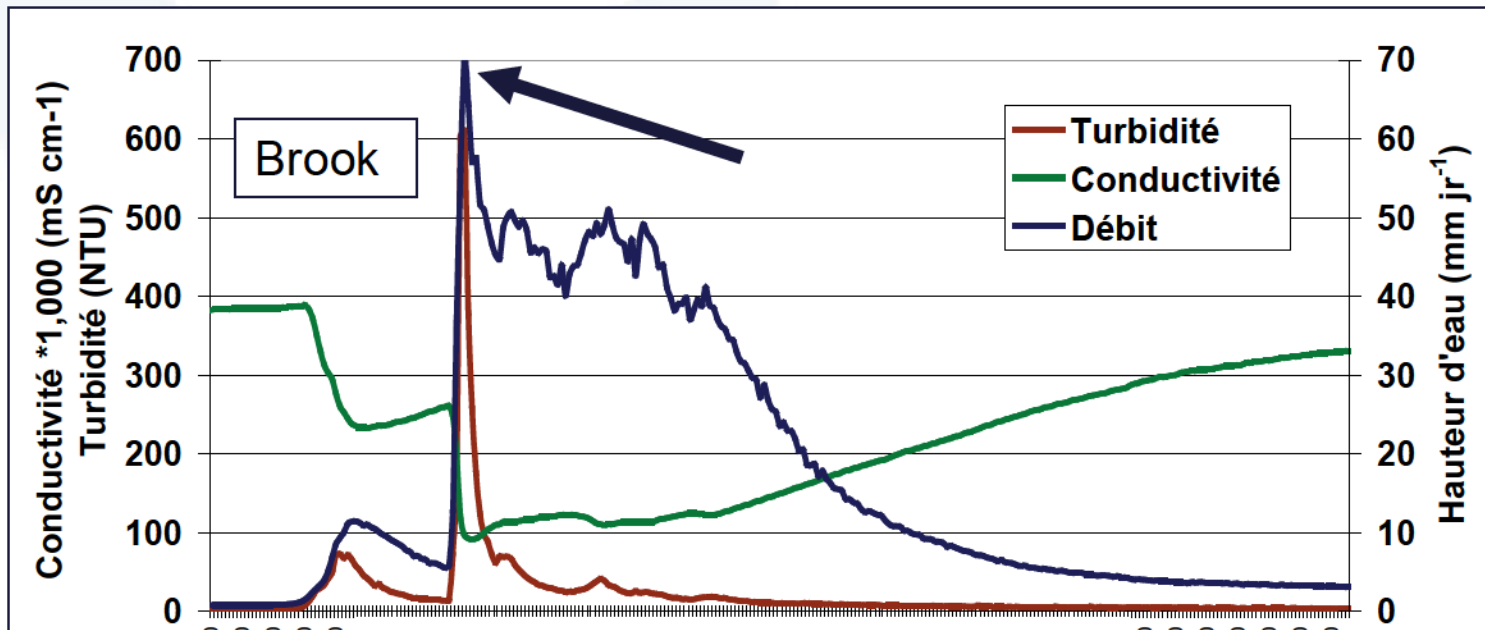


Milieux humides du bassin versant du ruisseau Cass



Milieux humides du bassin versant du ruisseau Cass





« 0 » sols à nu au sortir de l'hiver: culture sur résidus et cultures de couverture



Ray-grass **AD**, parcelle D2, Cote 3,5, vue de haut

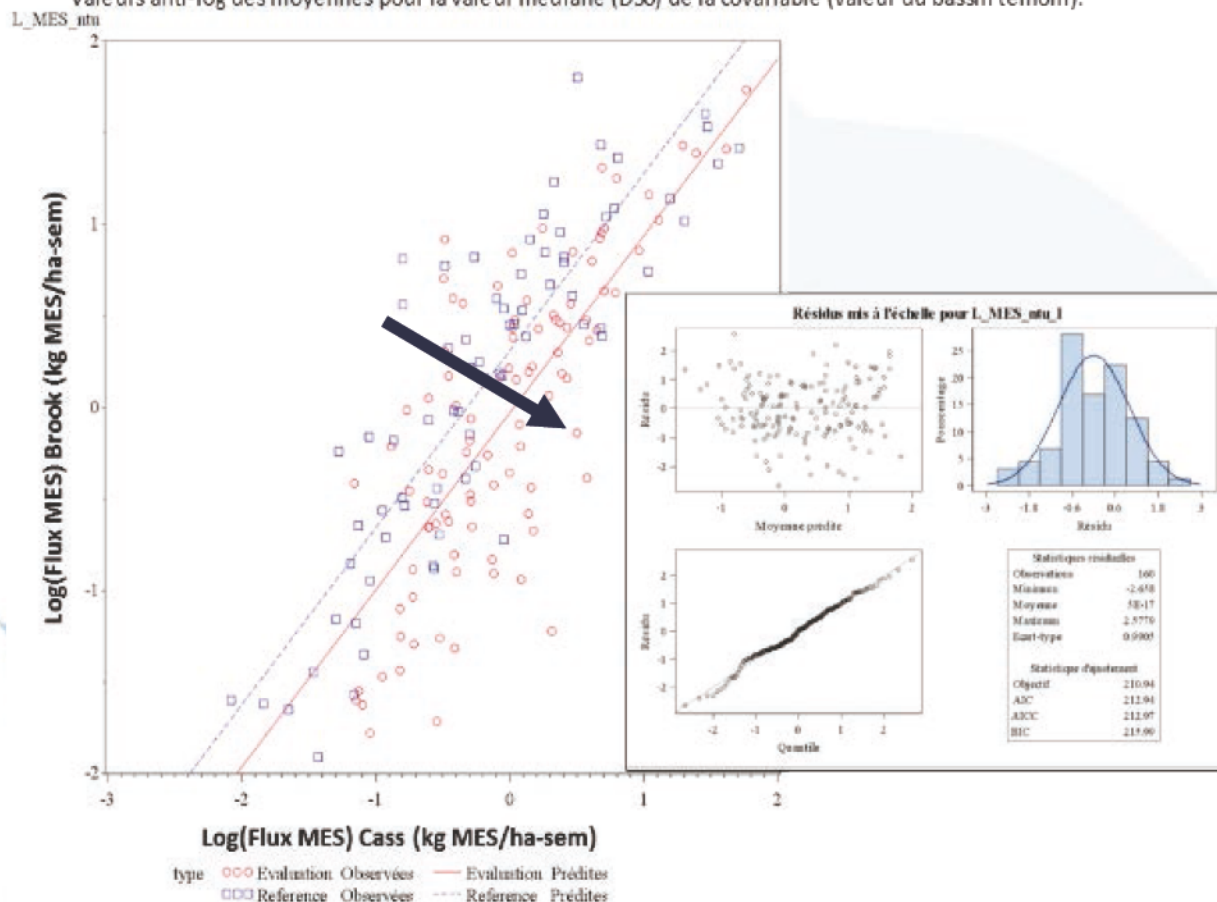


Ray-grass **AD**, parcelle D2, Cote 3,5, vue d'ensemble

Paramètre			Valeur F des effets fixes			Moyenne des moindres carrés ²		Différence	
	Type de modèle final ¹	Degré de liberté (den)	Période	Covaria-ble	Covariable X Période	Période de référence	Période d'évaluation	(%)	P>t
Flux MES NTU (kg/ha-sem)	PE	168	13,84	207,83	-	1,64	0,75	-54%	<0001

¹ PE: Pentas de régression égales pour les deux périodes; MU: Modèle unique pour les deux périodes.

² Valeurs anti-log des moyennes pour la valeur médiane (D50) de la covariable (valeur du bassin témoin).



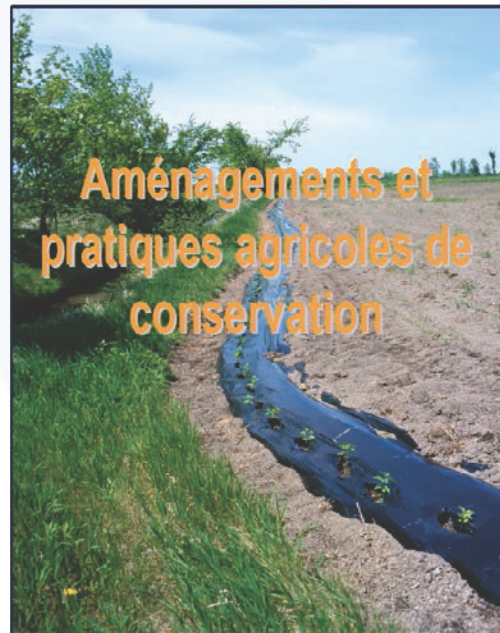
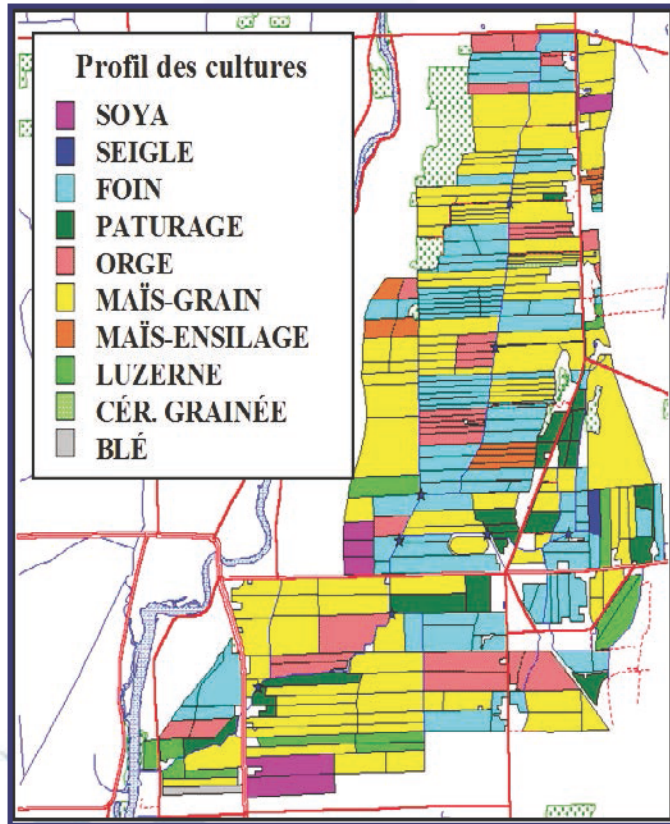
Regression Equation:
 $L_MES_ntu_I(type:Evaluation_Préd...) = -0.030452 + 0.966873 * L_MES_ntu_T$
 $L_MES_ntu_I(type:Reference_Préd...) = 0.30936 + 0.966873 * L_MES_ntu_T$

« 0 » sols à nu au sortir de l'hiver: culture sur résidus et cultures de couverture

Résultats de l'analyse de covariance de l'effet de la période (Référence 2009-2011 vs évaluation 2013-2015) sur le flux hebdomadaire de matières en suspension (relevé par sondage de la turbidité) du ruisseau Intervention (Brook), utilisant les observations appariées du bassin témoin (Cass) en covariable.

Aménagement hydro-agricole des champs du Ruisseau-Aux-Castors, Montérégie

Action concertée de 24 entreprises
agricoles de la Coopérative de
solidarité du bassin versant de la
Rivière-Au-Brochet



Michaud, A.R., R. Lauzier et M.R. Laverdière. 2005.

<http://www.irda.qc.ca/fr/publications/mobilite-du-phosphore-et-intervention-agroenvironnementale-en-bassin-versant-agricole-etude-de-cas-du-ruisseau-au-castor-tributaire-de-la-riviere-aux-brochets-quebec/>

Modérer les transports...
Aménagement des terres

Projet LISIÈRE VERTE
Bassin Ewing, Montérégie



Modérer les transports...

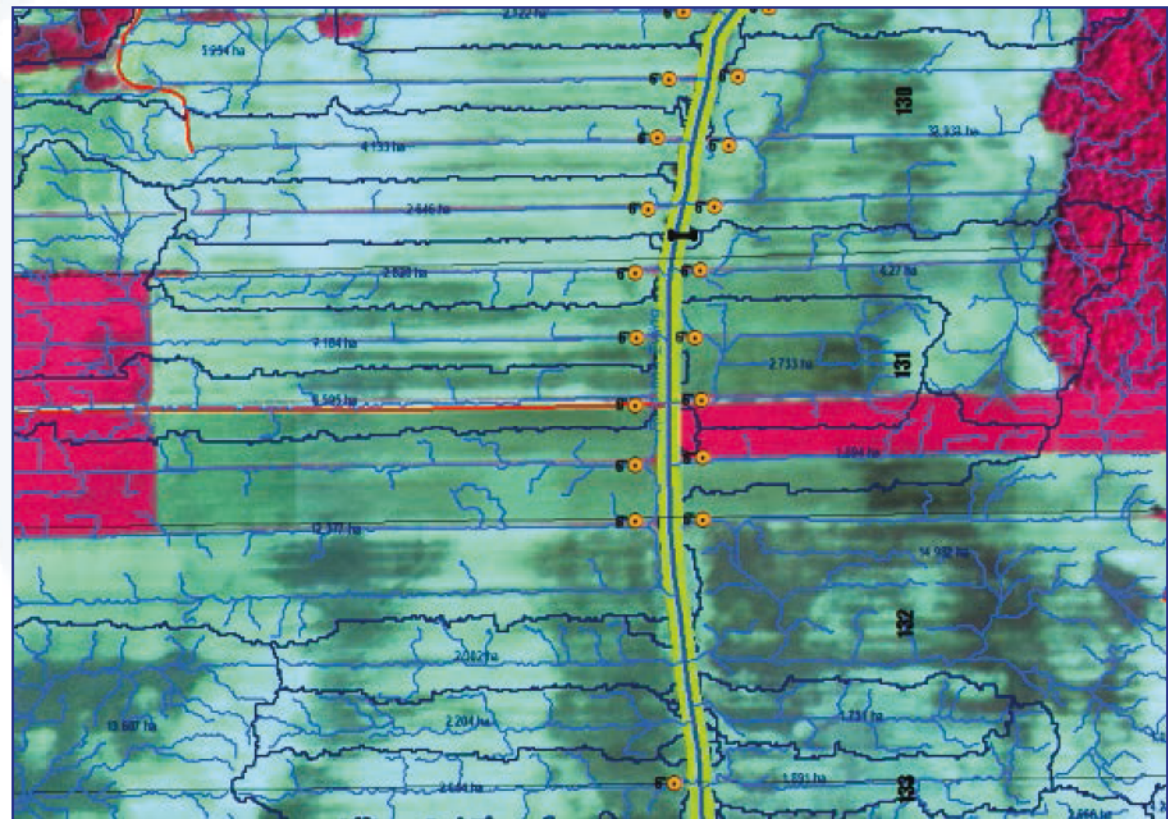
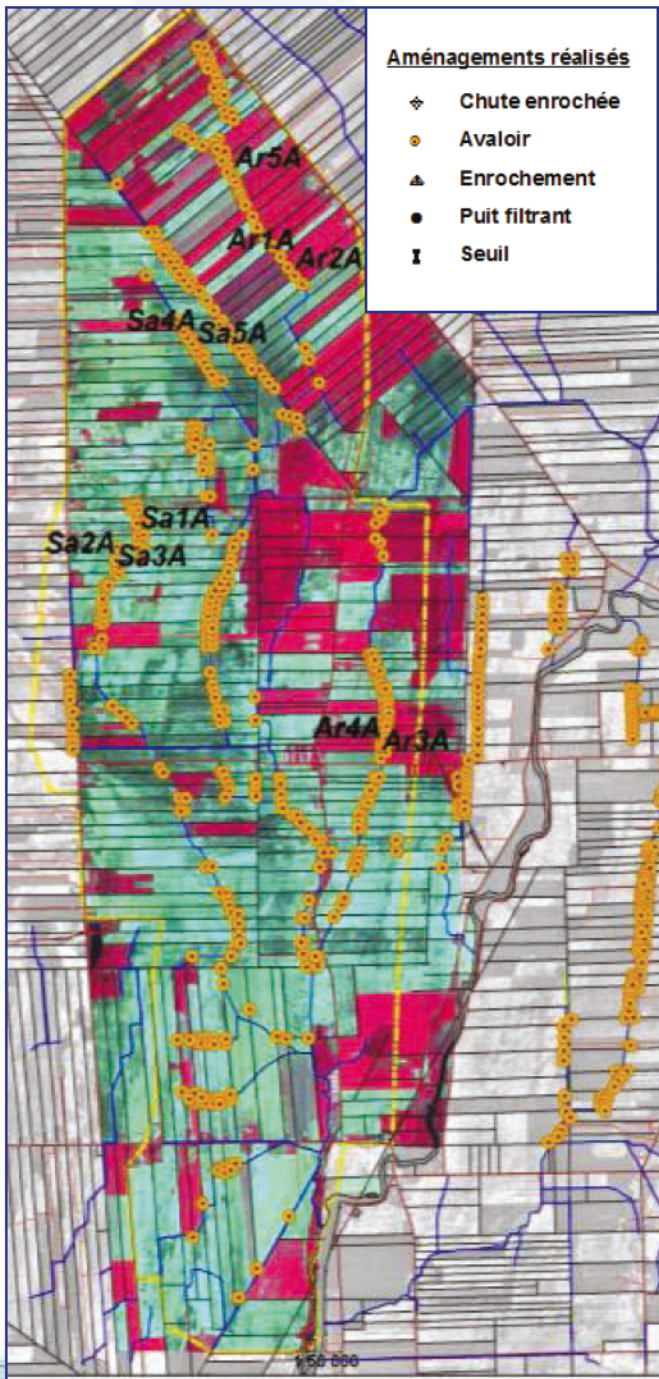
Aménagement des terres

Projet LISIÈRE VERTE

Bassin Ewing, Montérégie

Aménagements réalisés

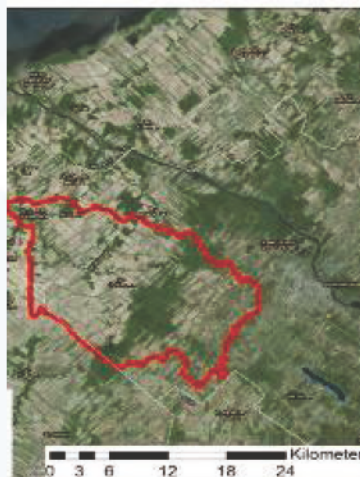
- ❖ Chute enrochée
- Avaloir
- ▲ Enrochement
- Puit filtrant
- I Seuil



- Cours d'eau verbalisé (1984)
- Routes
- Cadastre
- Parcours de l'eau principal du micro-bassin
- Micro-bassins
- Bandes riveraines de 10 mètres projetées

Modérer les transports... Le drainage contrôlé...

Gestion de de l'eau de drainage
souterrain pour maximiser la
production des cultures, l'utilisation
des nutriments et la disponibilité de
l'eau avec les climats actuels et futurs.



Rivière David
323 km²

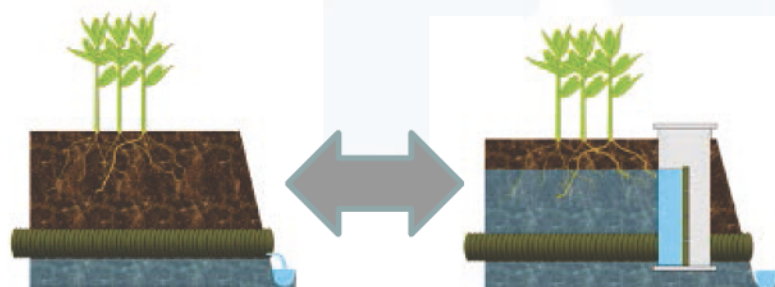


3^e P.-Riv.-Pot-Au-Beurre, 20 km²

**Programme de
coopération Québec-
Ontario pour recherche
en agroalimentaire**



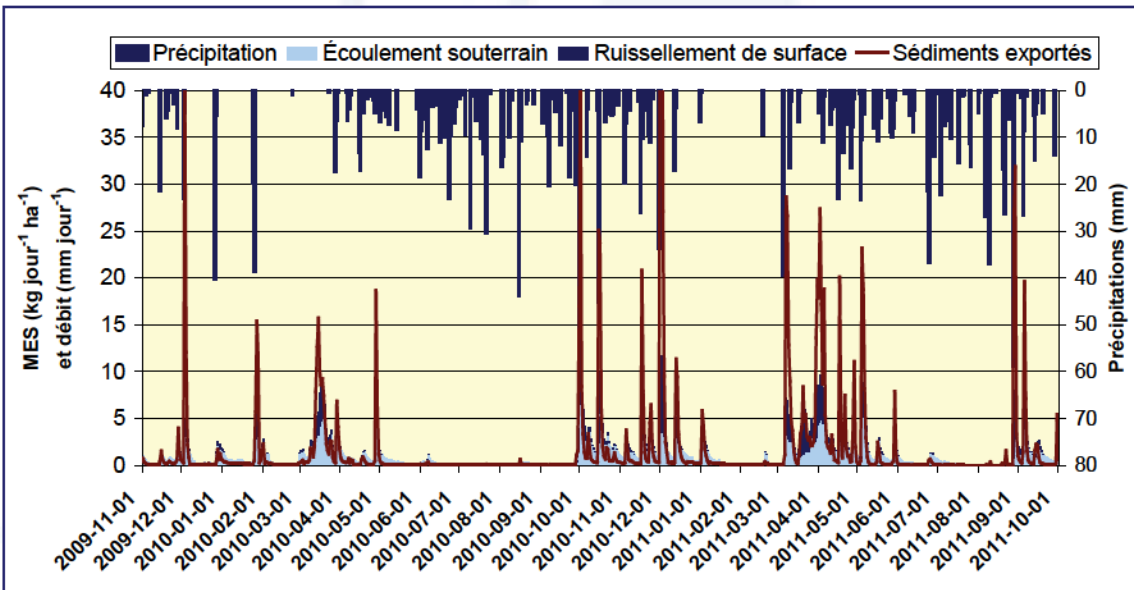
Ferme GenLouis,
Yamaska



Source: AAAC en ligne

Modérer les transports... Le drainage contrôlé...

Précipitation, ruissellement, drainage et flux journalier de sédiments 3e Petit-Pot-au-Beurre, Montérégie, Québec



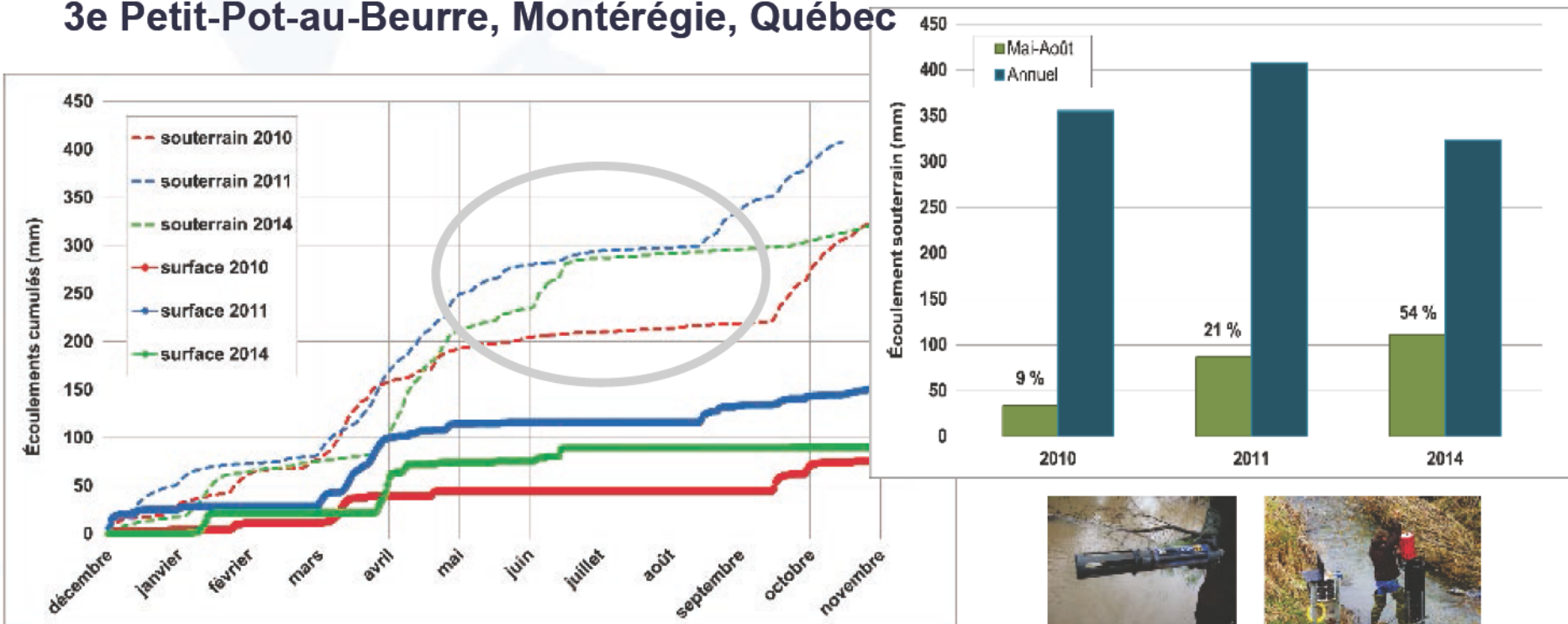
Bilan hydrologique annuel		
Précipitation	1 268 mm	
Hauteur d'eau (mm/an)	Ruissellement de surface	Total
Annuel	98	461
Mai-octobre	32	198
Novembre-avril	66	262



Modérer les transports...

Le drainage contrôlé...

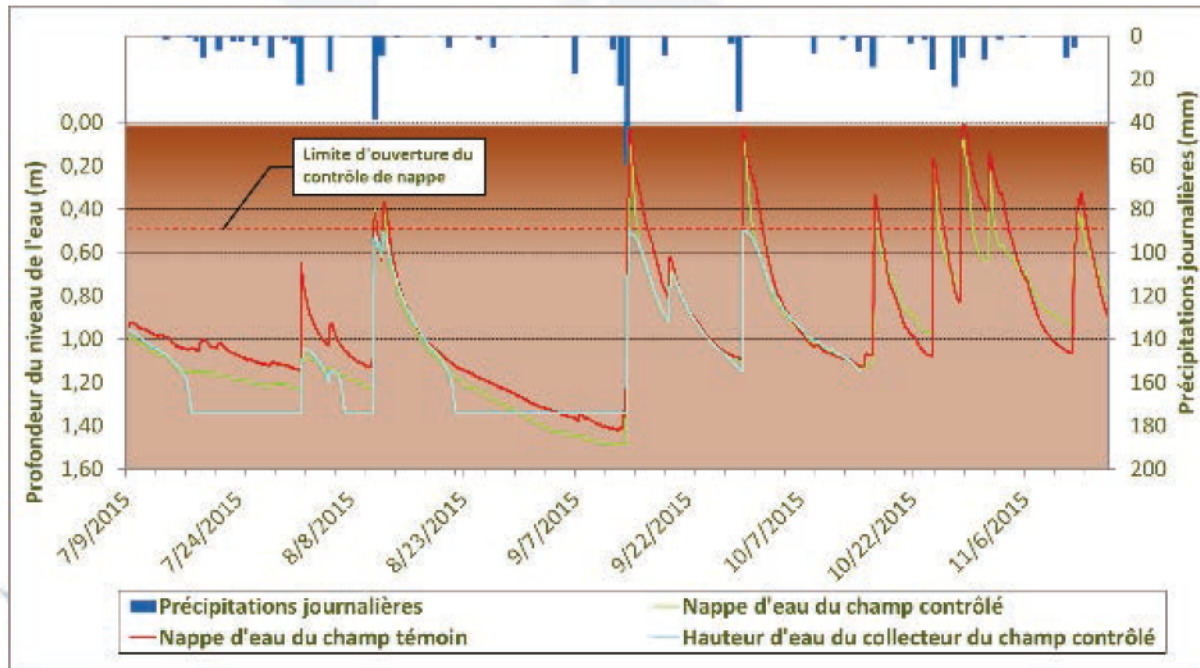
Ruissellement et écoulement souterrain cumulés 3e Petit-Pot-au-Beurre, Montérégie, Québec



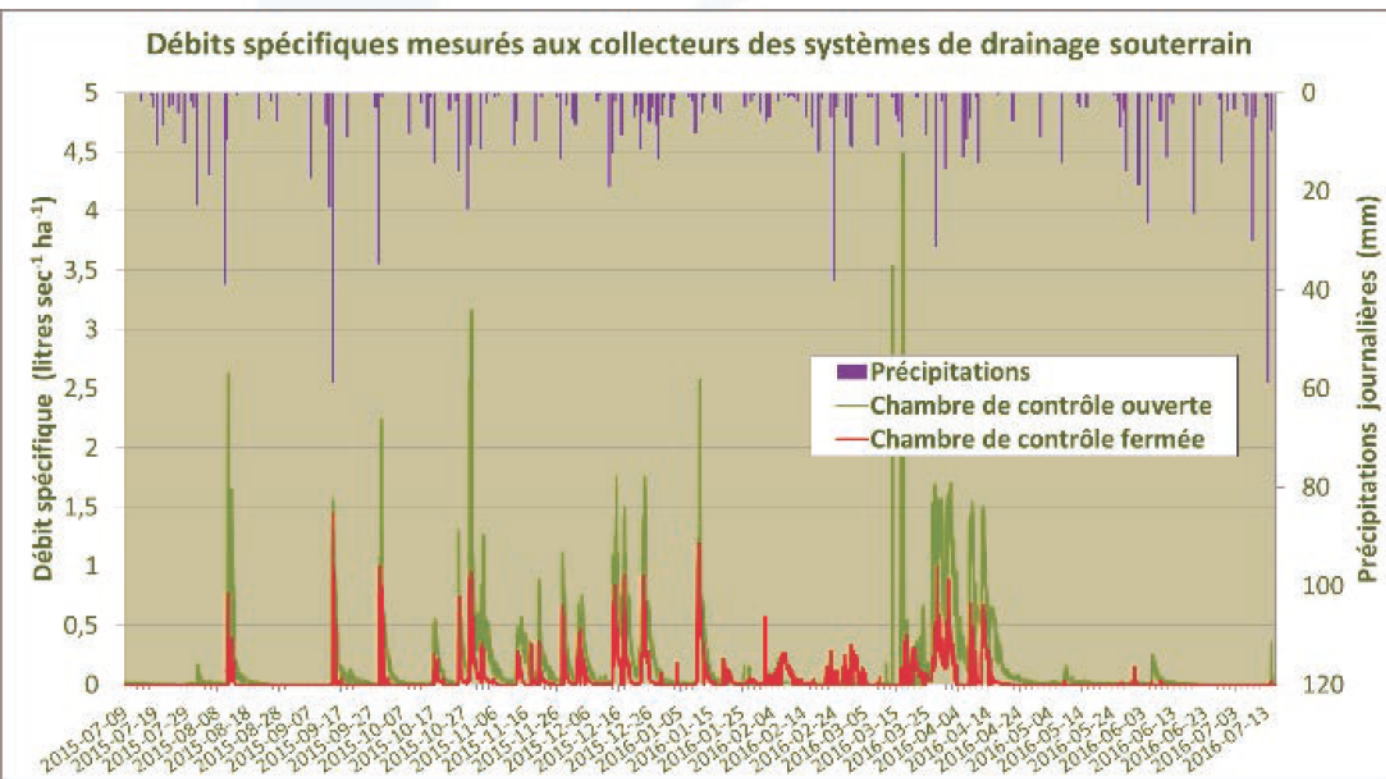
Modérer les transports...

Le drainage contrôlé...

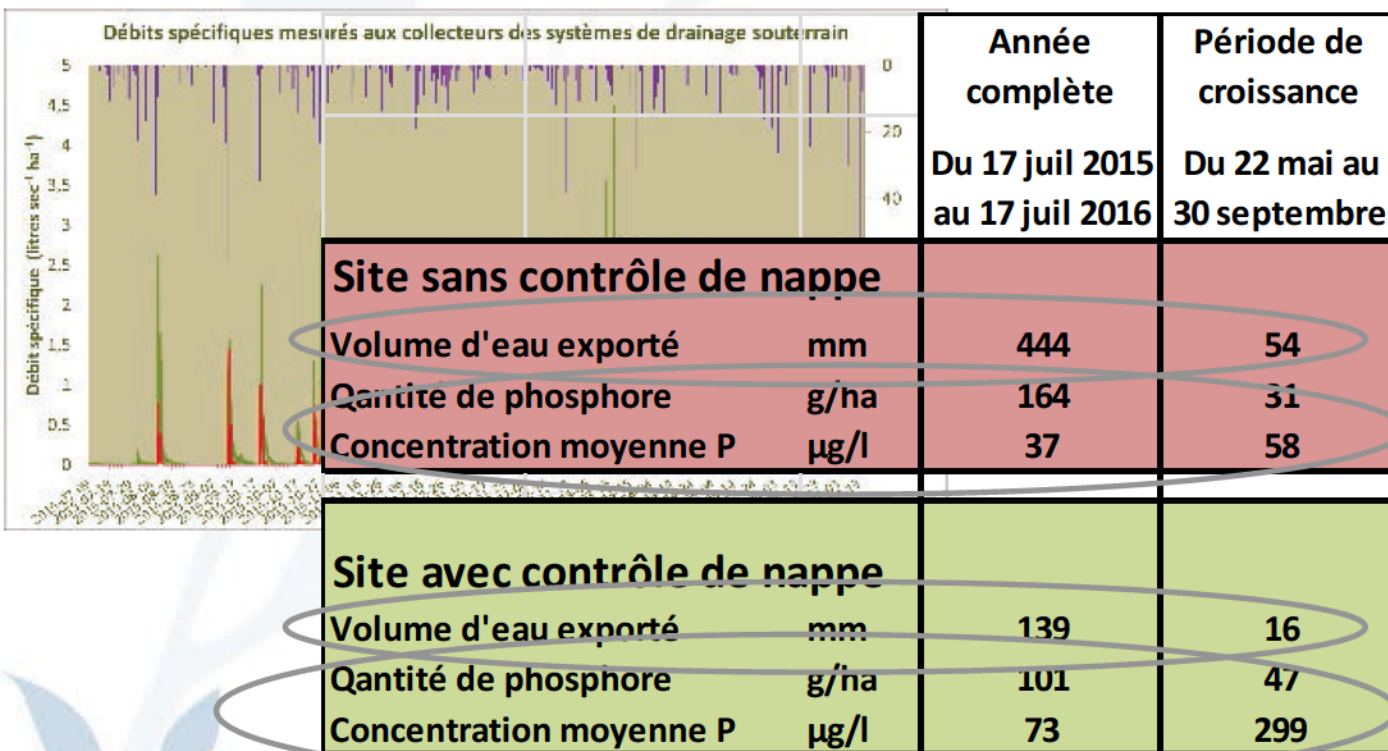
Précipitations et mouvements de la nappe des
champs témoin et contrôlé
3e Petit-Pot-au-Beurre, Montérégie, Québec



Modérer les transports... Le drainage contrôlé...



Modérer les transports... Le drainage contrôlé...



Action concertée du Bassin Laguerre

- ■ ■ Bande riveraine herbacée
- ■ ■ Bande riveraine arborescente
- ■ ■ Bande riveraine arbustive
- Aménagement du cours d'eau
- Cours d'eau
- Cheminement de l'eau
- Drainage en rive de cours d'eau
- ■ ■ Drainage au fossé/rigole

AVANT: Effondrement des talus



AVANT

Réaménagement des talus



stabilisation des talus par génie végétal



250 mètres

Influence de la bande riveraine...

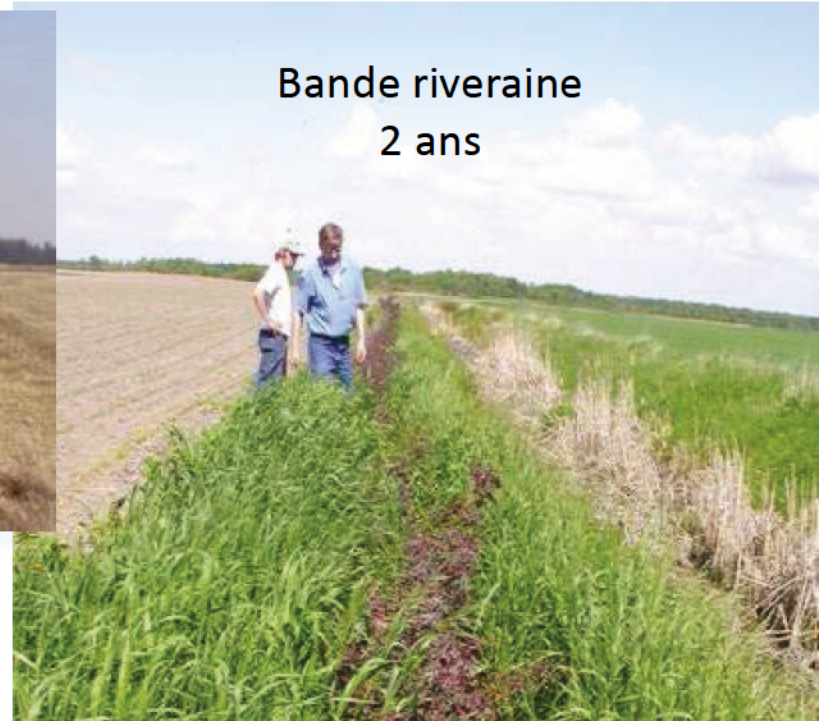
Action concertée du Bassin Laguerre



Stabilisation des talus
mars 2006



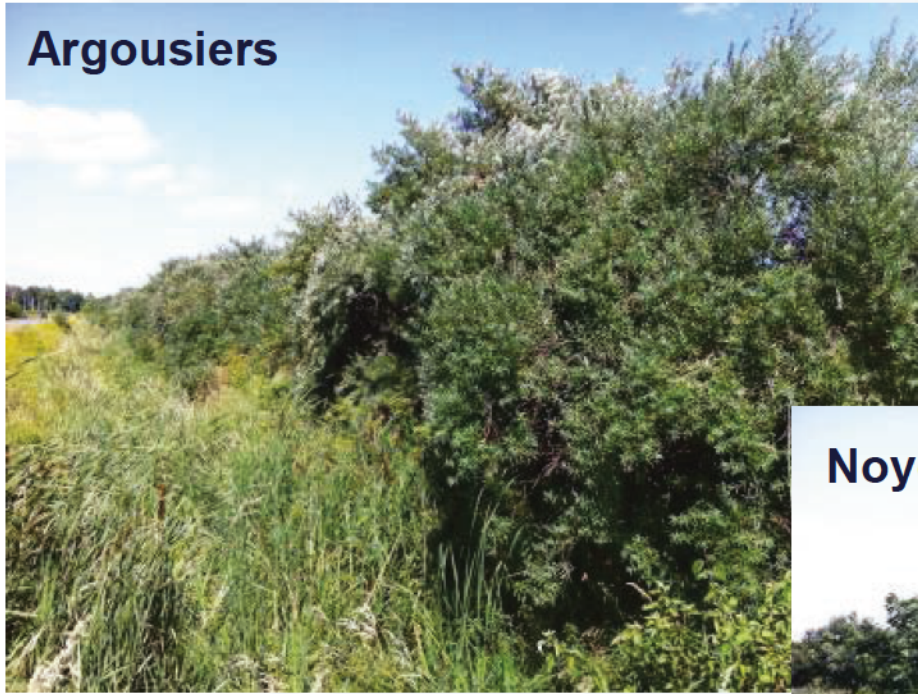
Bande riveraine
2 ans



Bande arbustive
3 ans



Argousiers



Influence de la bande riveraine...

Action concertée Bassin Laguerre

Noyers



Rosiers sauvages



**Syvie Thibaudeau,
Club Bassin Laguerre
2012**



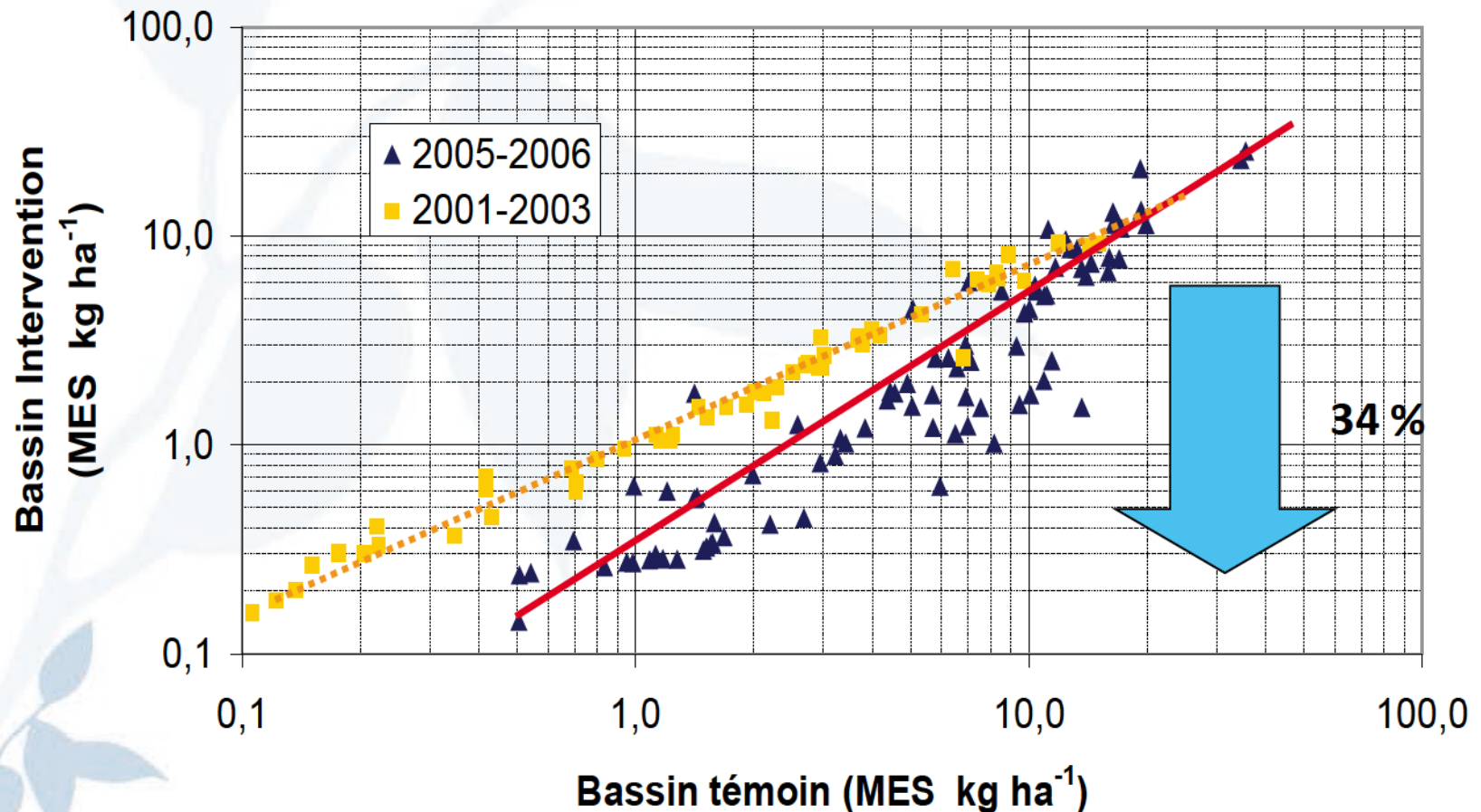
Culture de couverture de moutarde blanche au début octobre 2005



Semis direct de soya sur retour de maïs

Action concertée du Bassin Laguerre

*Charges hebdomadaires de sédiments au ruisseau
Bassins LaGuerre Témoin et Intervention*

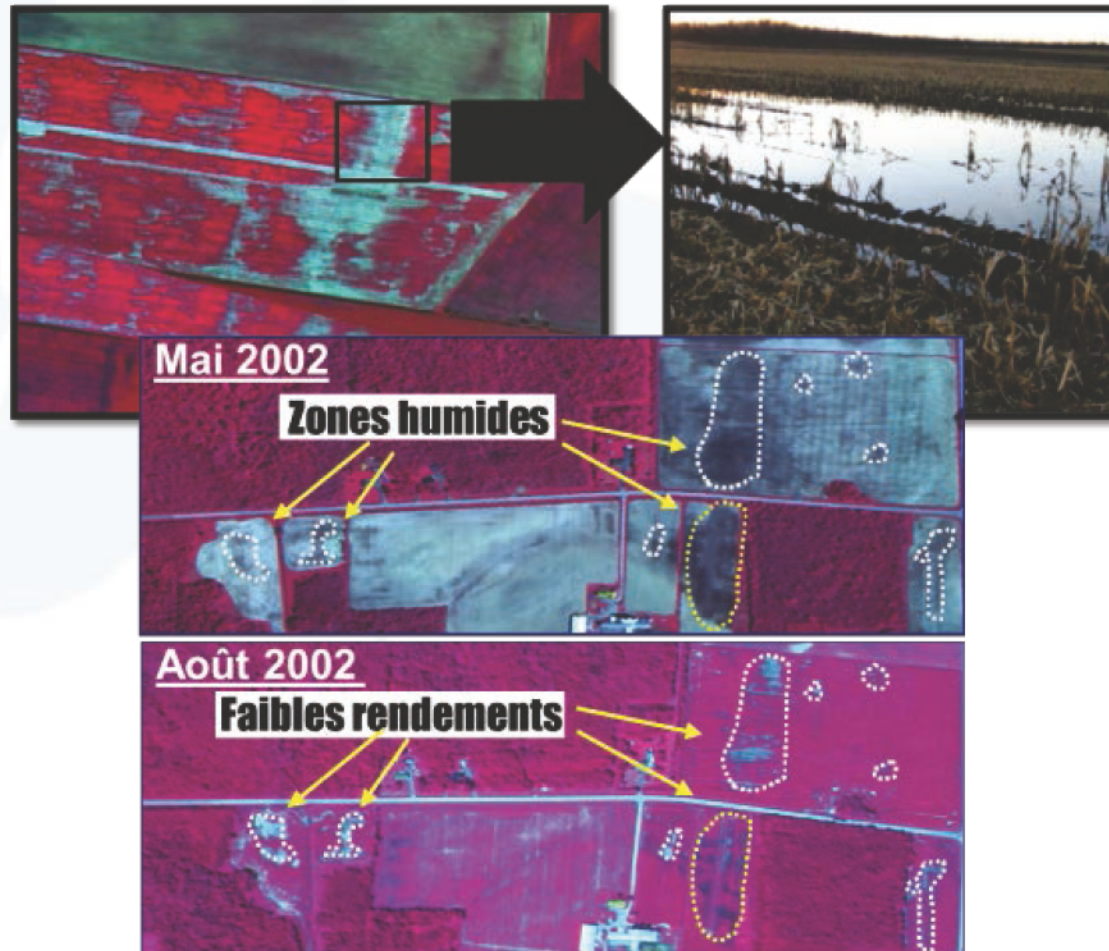


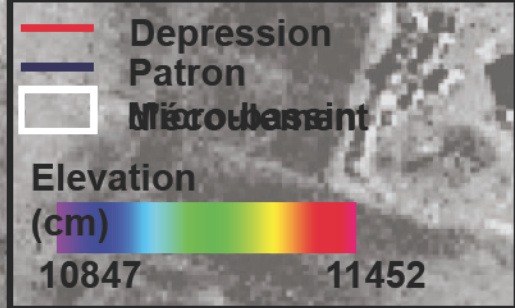
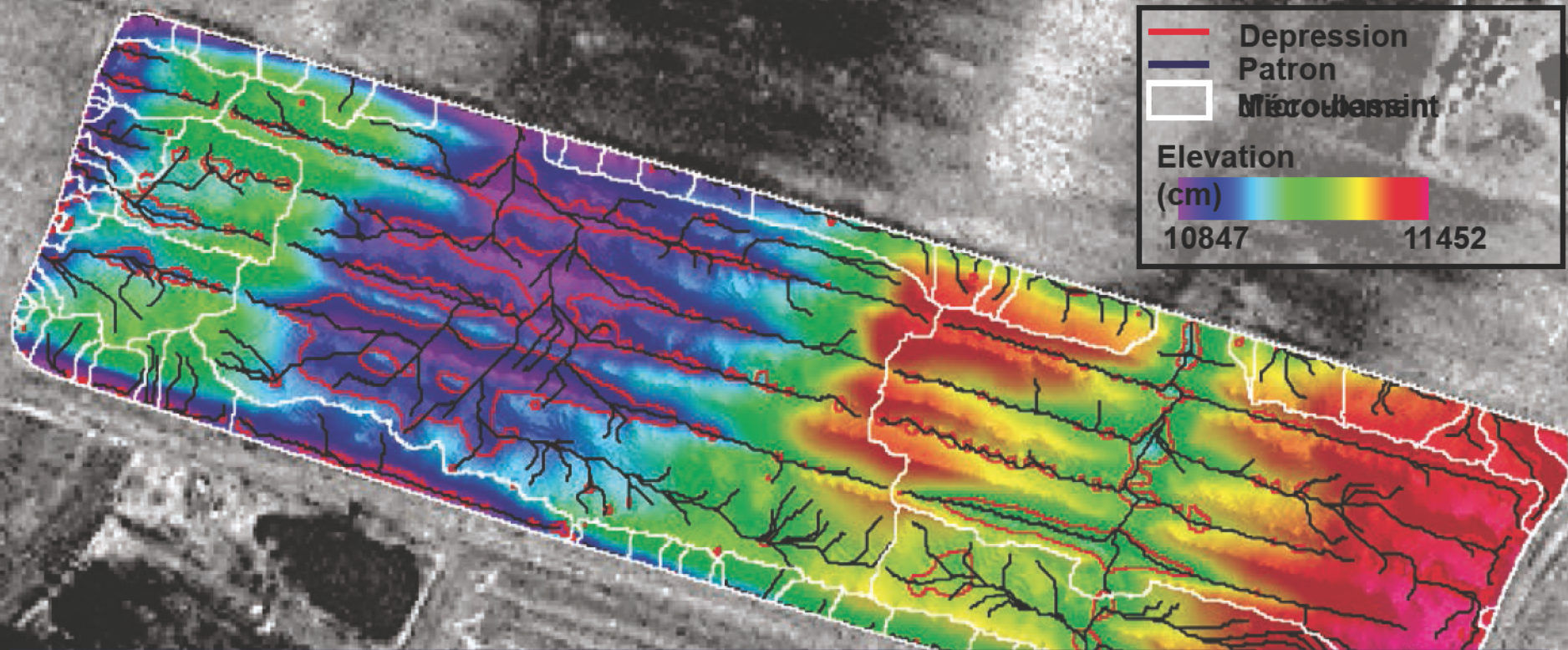


Journée « Bassin ouvert » de la rivière La Guerre, 20 septembre 2007

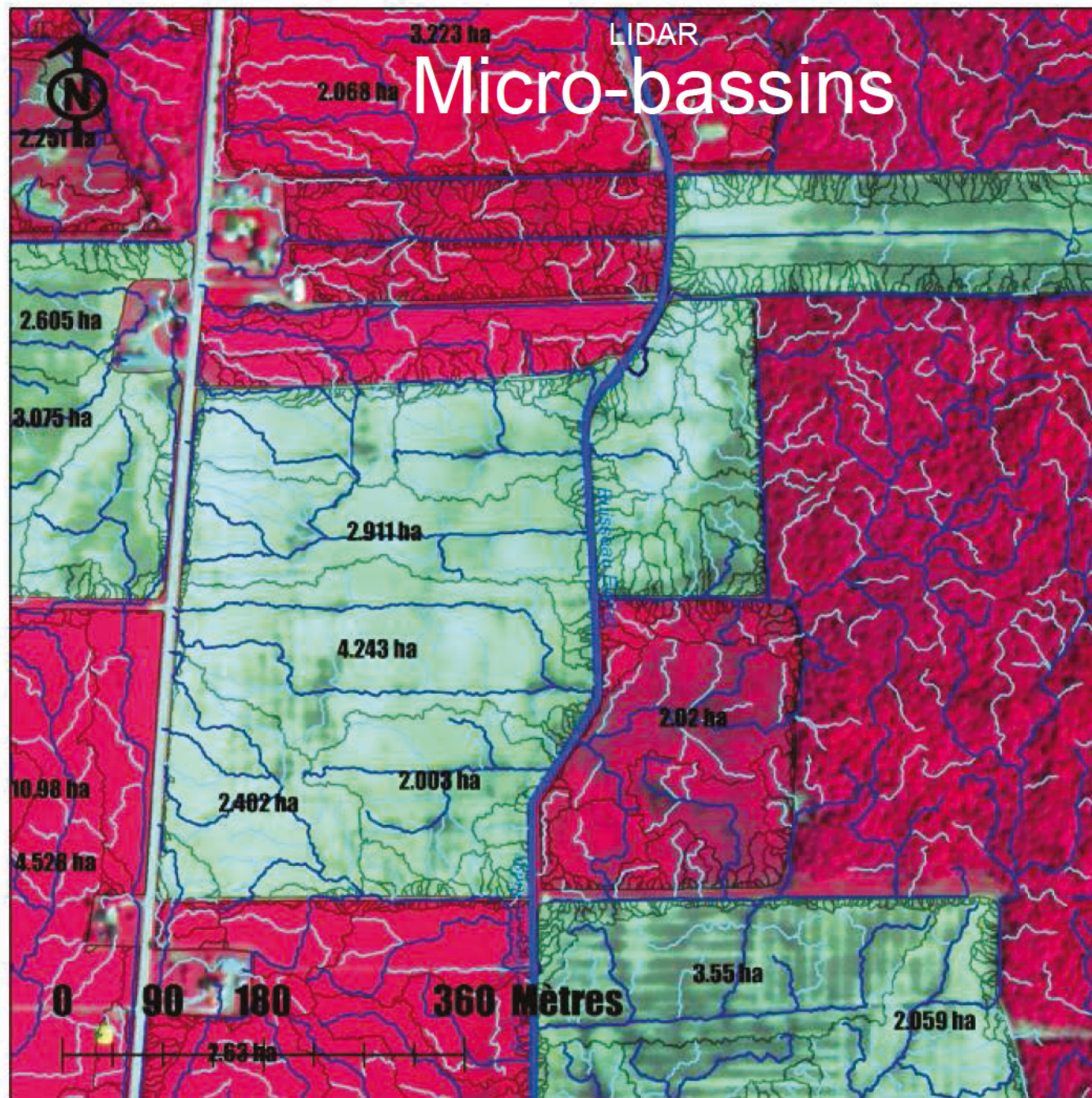
Les outils diagnostiques accessibles pouvant identifier les secteurs fragiles...

Télédétection: une image vaut mille maux



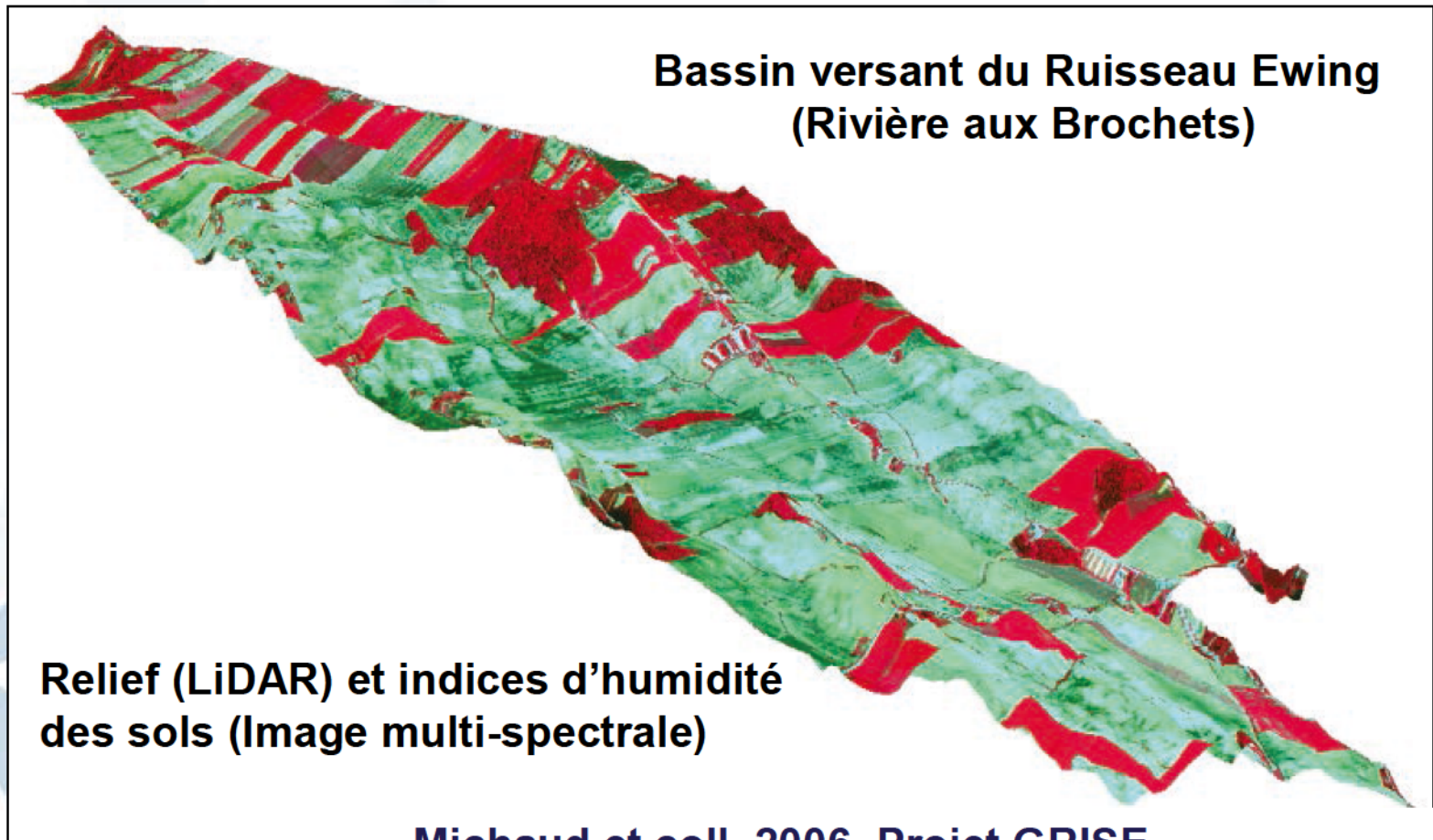


Relief de précision: Capture des élévations au sol



Les outils diagnostiques...
Les données à référence spatiale

**IMAGES ET RELIEF: Des visions complémentaires
du paysage et de l'égouttement**

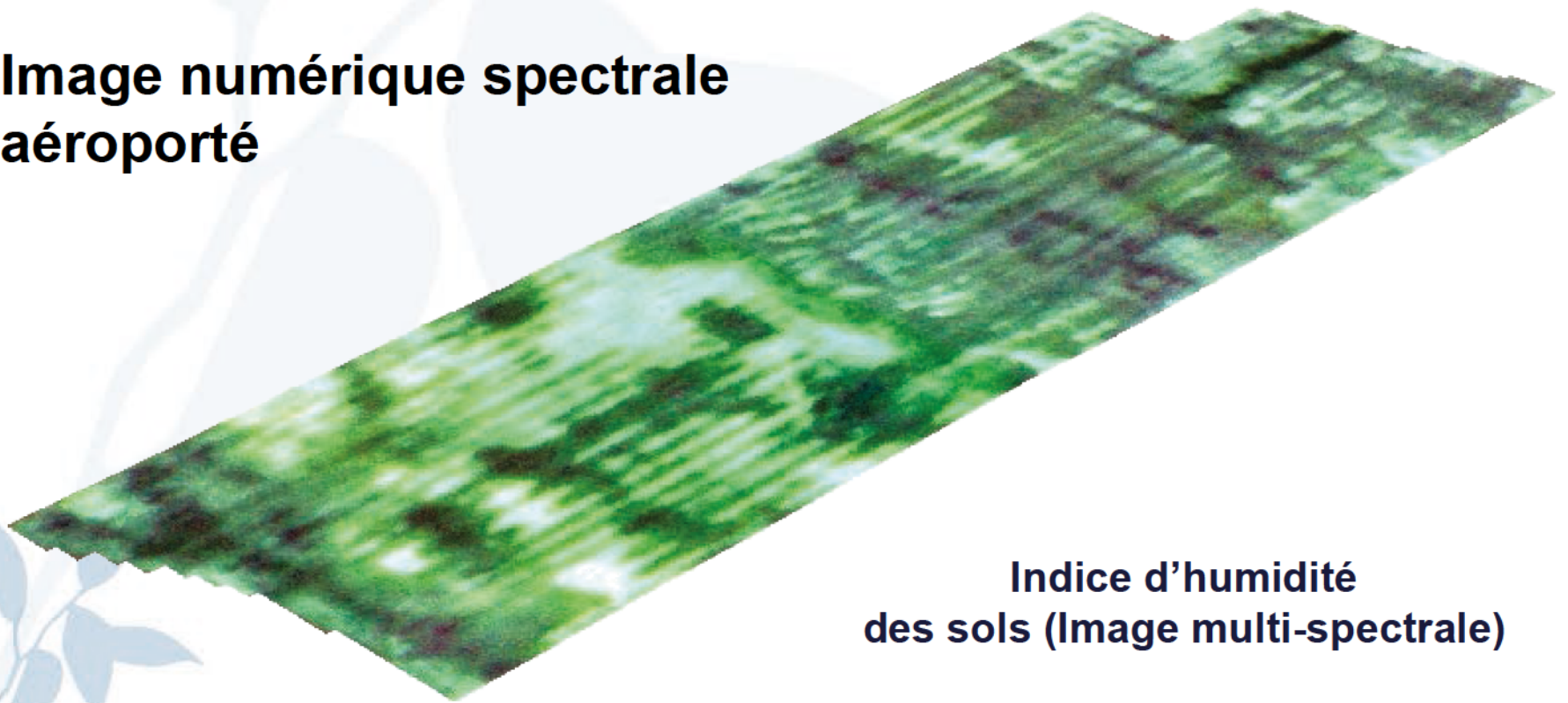


Michaud et coll. 2006. Projet GRISE
<http://www.irda.qc.ca/resultats/publications/196.html>

Les outils diagnostiques...
Les données à référence spatiale

**IMAGES ET RELIEF: Des visions complémentaires
du paysage et de l'égouttement**

**Image numérique spectrale
aéroporté**



**Indice d'humidité
des sols (Image multi-spectrale)**

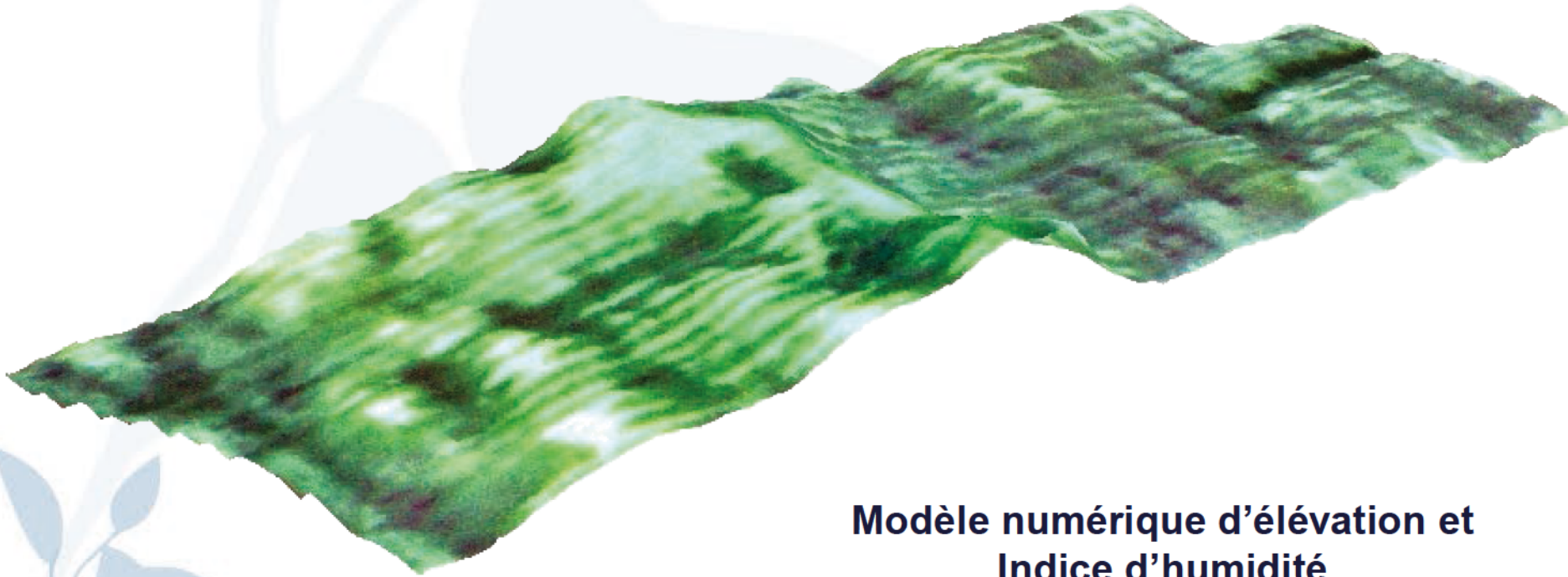
Michaud et coll. 2006. Projet GRISE
<http://www.irda.qc.ca/resultats/publications/196.html>

Les outils diagnostiques...

Les données à référence spatiale

**IMAGES ET RELIEF: Des visions complémentaires
du paysage et de l'égouttement**

Intégration du modèle numérique de terrain



**Modèle numérique d'élévation et
Indice d'humidité**

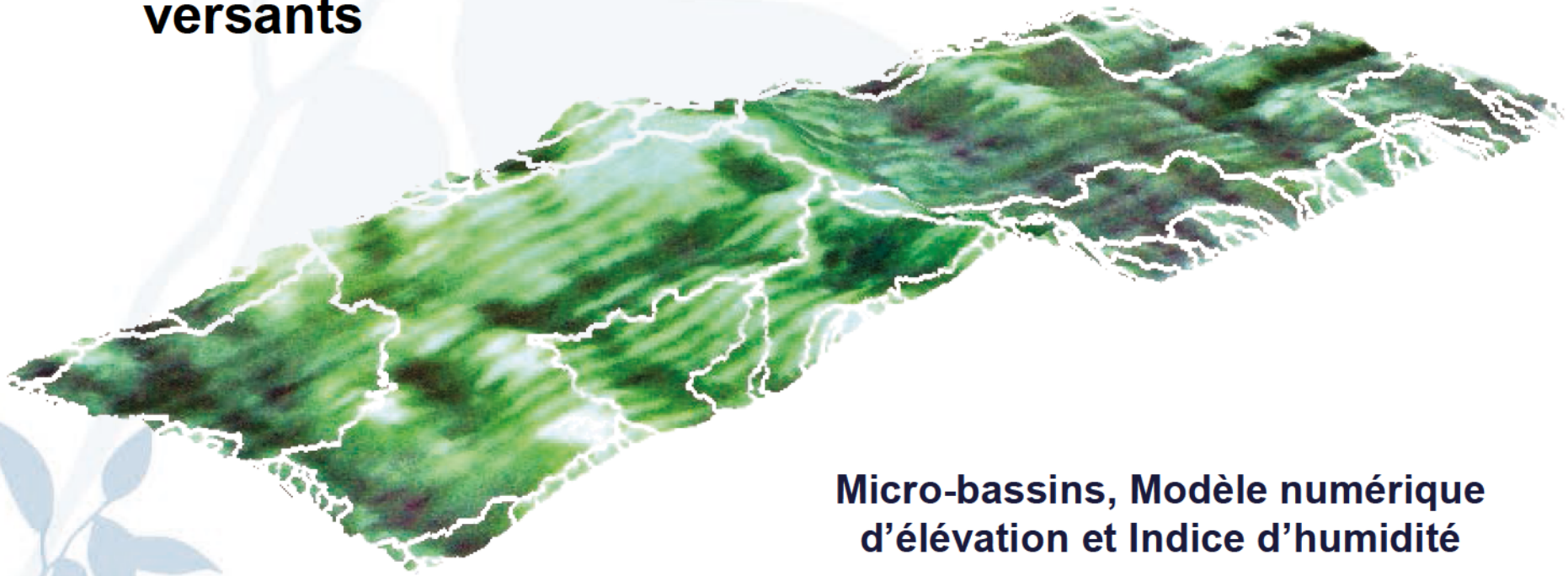
Michaud et coll. 2006. Projet GRISE

<http://www.irda.qc.ca/resultats/publications/196.html>

Les outils diagnostiques...
Les données à référence spatiale

**IMAGES ET RELIEF: Des visions complémentaires
du paysage et de l'égouttement**

**Superposition des bassins
versants**



**Micro-bassins, Modèle numérique
d'élévation et Indice d'humidité**

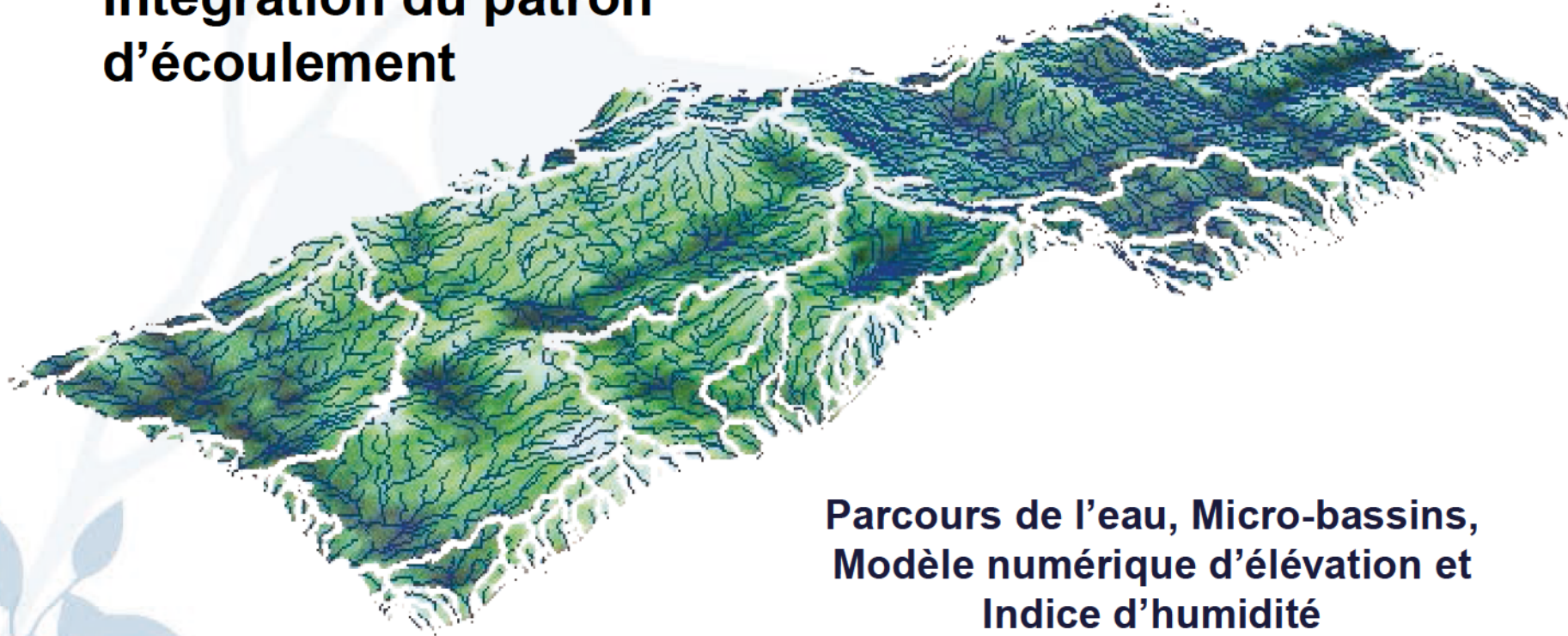
Michaud et coll. 2006. Projet GRISE
<http://www.irda.qc.ca/resultats/publications/196.html>

Les outils diagnostiques...

Les données à référence spatiale

**IMAGES ET RELIEF: Des visions complémentaires
du paysage et de l'égouttement**

**Intégration du patron
d'écoulement**



**Parcours de l'eau, Micro-bassins,
Modèle numérique d'élévation et
Indice d'humidité**

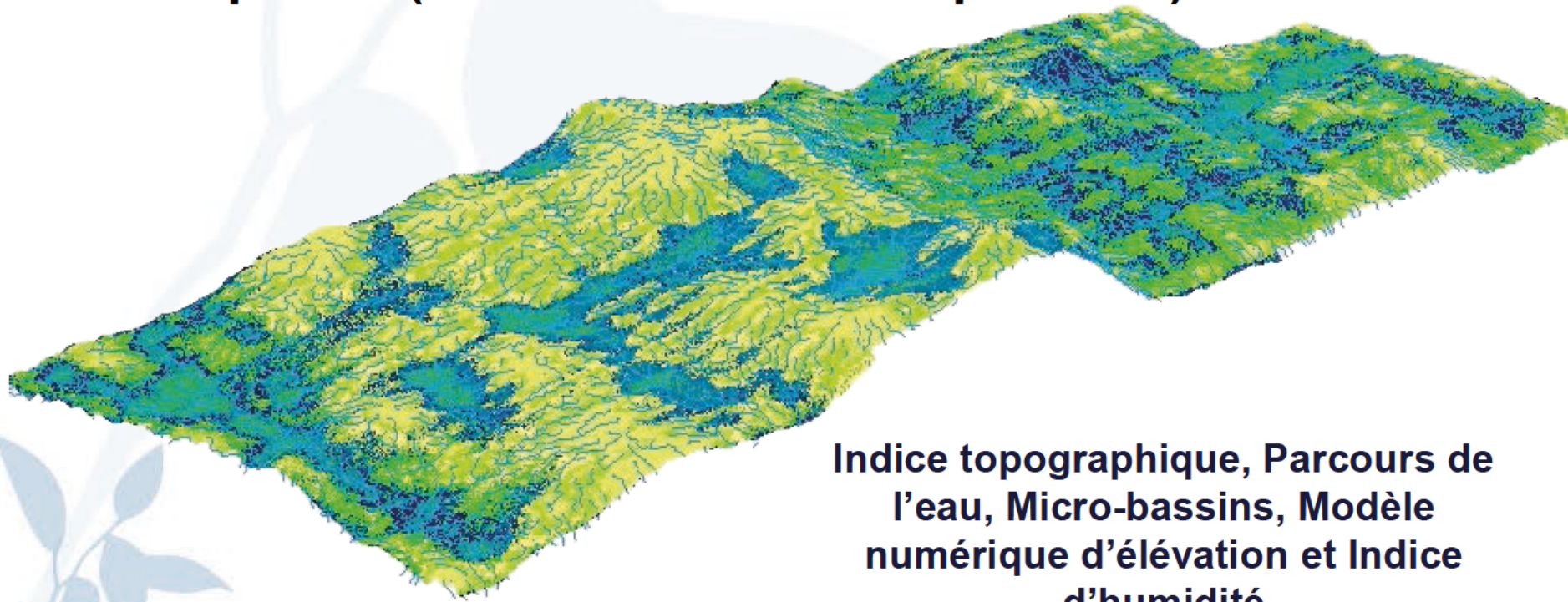
Michaud et coll. 2006. Projet GRISE

<http://www.irda.qc.ca/resultats/publications/196.html>

Les outils diagnostiques...

Les données à référence spatiale

**IMAGES ET RELIEF: Des perspectives complémentaires
sur le paysage et de l'égouttement**
**Identification des zones saturées à l'aide de l'image
aéroportée (classification non supervisée).**



**Indice topographique, Parcours de
l'eau, Micro-bassins, Modèle
numérique d'élévation et Indice
d'humidité**

Michaud et coll. 2006. Projet GRISE

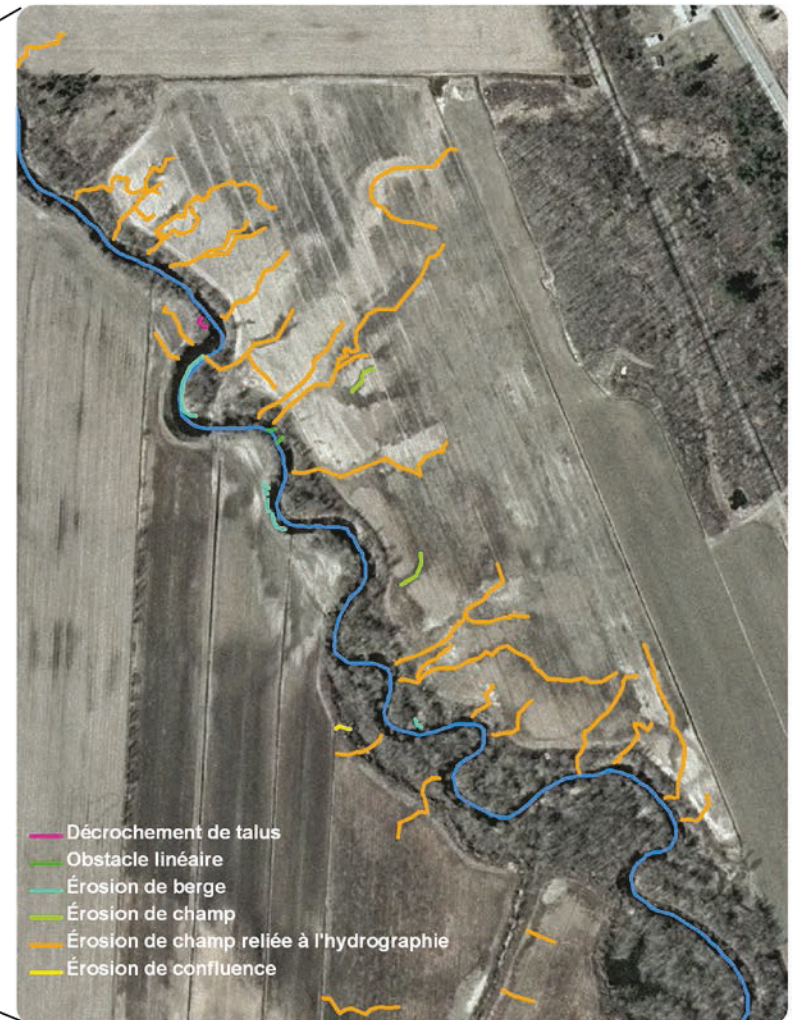
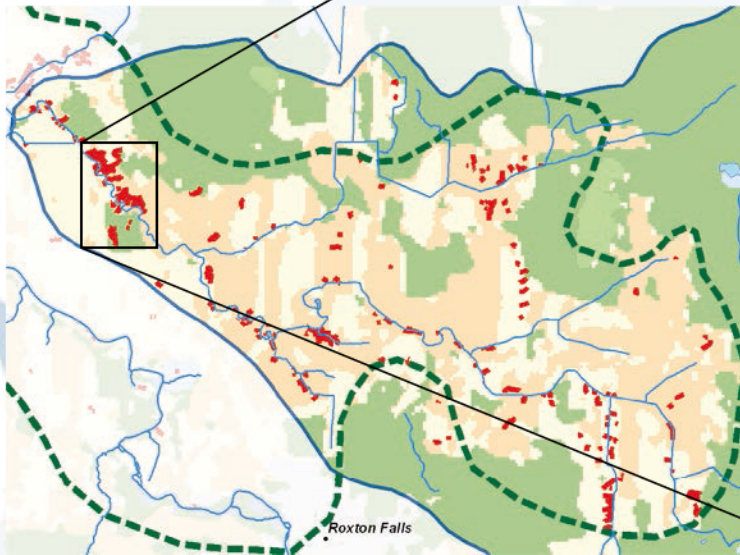
<http://www.irda.qc.ca/resultats/publications/196.html>

Ravinement et décrochement de talus

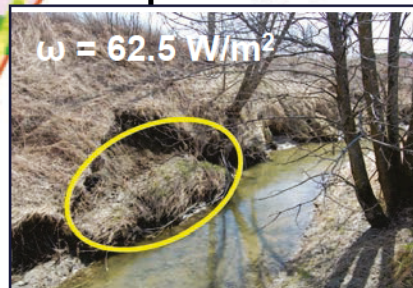
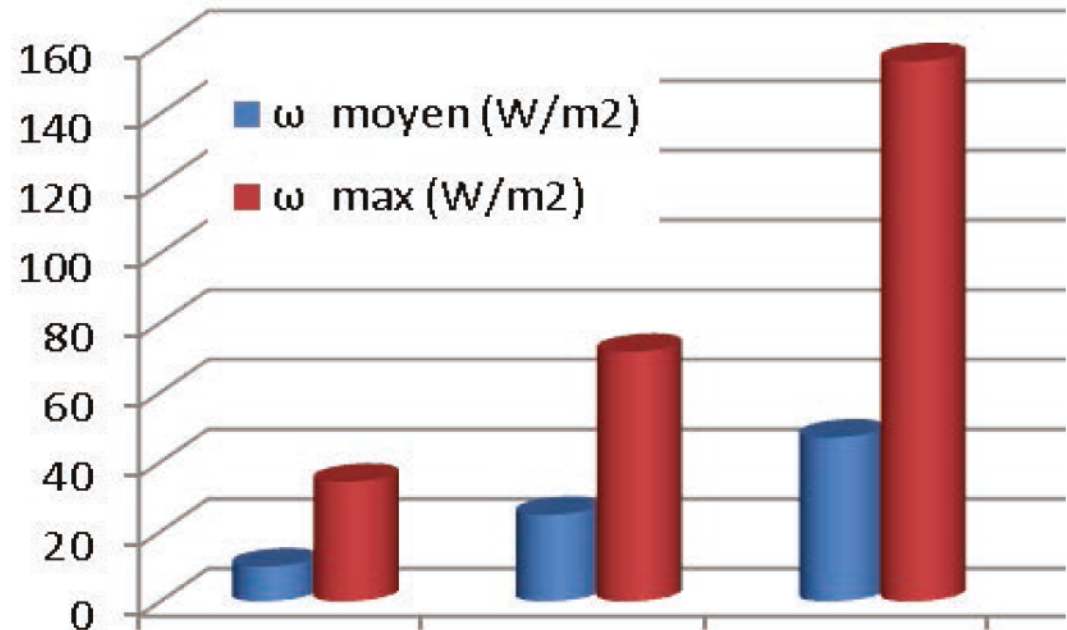
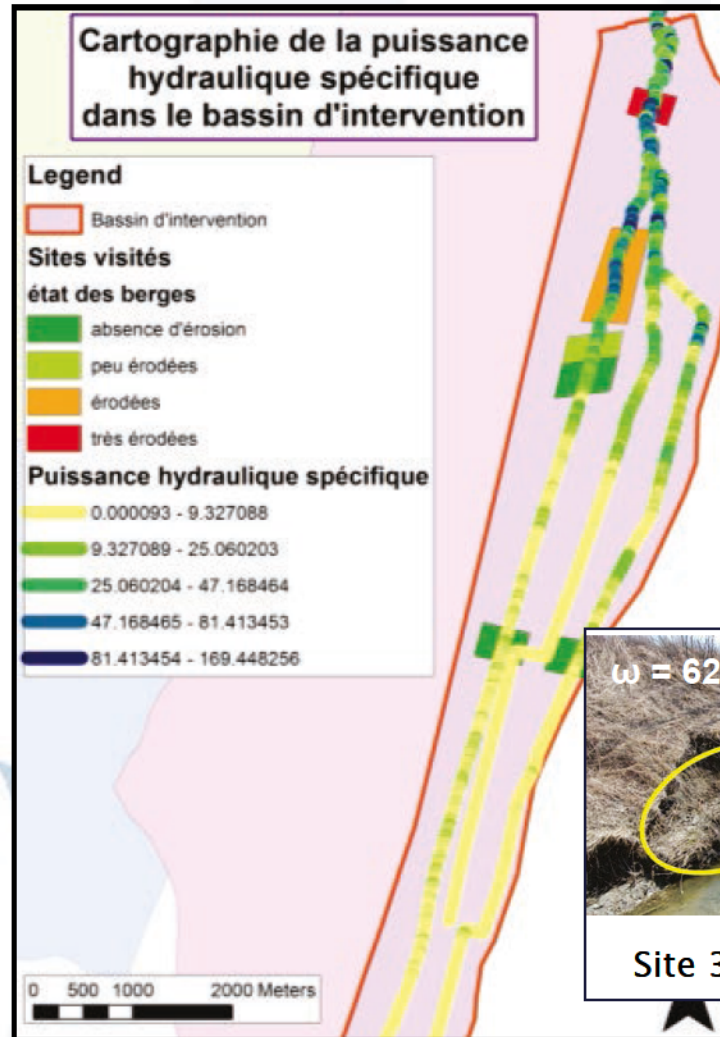
Atlas du bassin Yamaska (2008):

Près de 10 000 marques d'érosion répertoriées;

60% des marques situées à moins de 10 mètres des cours d'eau;



Puissance hydraulique et érosion



Site 3: très érodé



Site 1: érodé



Site 5a: non érodé

L'ODEP: Outil diagnostique des exportations de phosphore

Ferme : Ferme du Clan Beaudin

Champs global et résultats Parcelle 1 Parcelle 2

Champs : 1 Superficie de la zone : 5 Bassin : Parcelle : 1 Scénario : 0

Régie des sols et des cultures

Culture : MaG Arborescent culturel : SORA

Culture de couverture : ☐ Associée (légumineuse) ☐ Céréalière (céréales ou tritiques)

Travail du sol : 1

Fertilisation : Application en bande à la volée

Apport d'engrais minéraux : 50 kg P2O5 / ha

Engrais de ferme : Dose 1 : 50 1 4 Dose 2 : Dose 3 :

Description du sol

Sol : 1B

Si la série de sol est inconnue, veuillez identifier la texture correspondant à cette zone et les % appropriés

Texture du sol : 1.5 Argile : 5 %

Matière organique : 5.833 P total naturel : 343 Sable : 65 %

Groupe hydrologique : 7 % saturation

Analyse de sol : 150 kg P(mélic) / ha P/AL : 10

Aménagement hydro-agricole

Bande riveraine

☐ Ne s'applique pas

☒ Inférieure à 1 mètre

☐ De 1 à 3 mètres

☐ Supérieure à 3 mètres

Structures de contrôle

☒ Absente

☐ Captage partiel

☐ Captage systématique

Relief et condition de drainage

Pente moyenne : 1 %

Longueur maximale du parcours de l'eau : 200 mètres

Classe d'écoulement de surface : ☒ Bon ☐ Moyen ☐ Déficent

Drainage souterrain : ☐ Systématique ☐ Partiel ☒ Absent

Condition du profil cultural :

☒ Bonne ☐ Présence de zone à risque ☐ Dominance de zone à risque

Régie des sols et des cultures

Culture Travail du sol Fertilisation

Sols

Texture Groupe hydrologique M.O.
% argile % sable Saturation en P

Aménagement hydro-agricole

Bande riveraine Structure de contrôle

Relief et condition de drainage

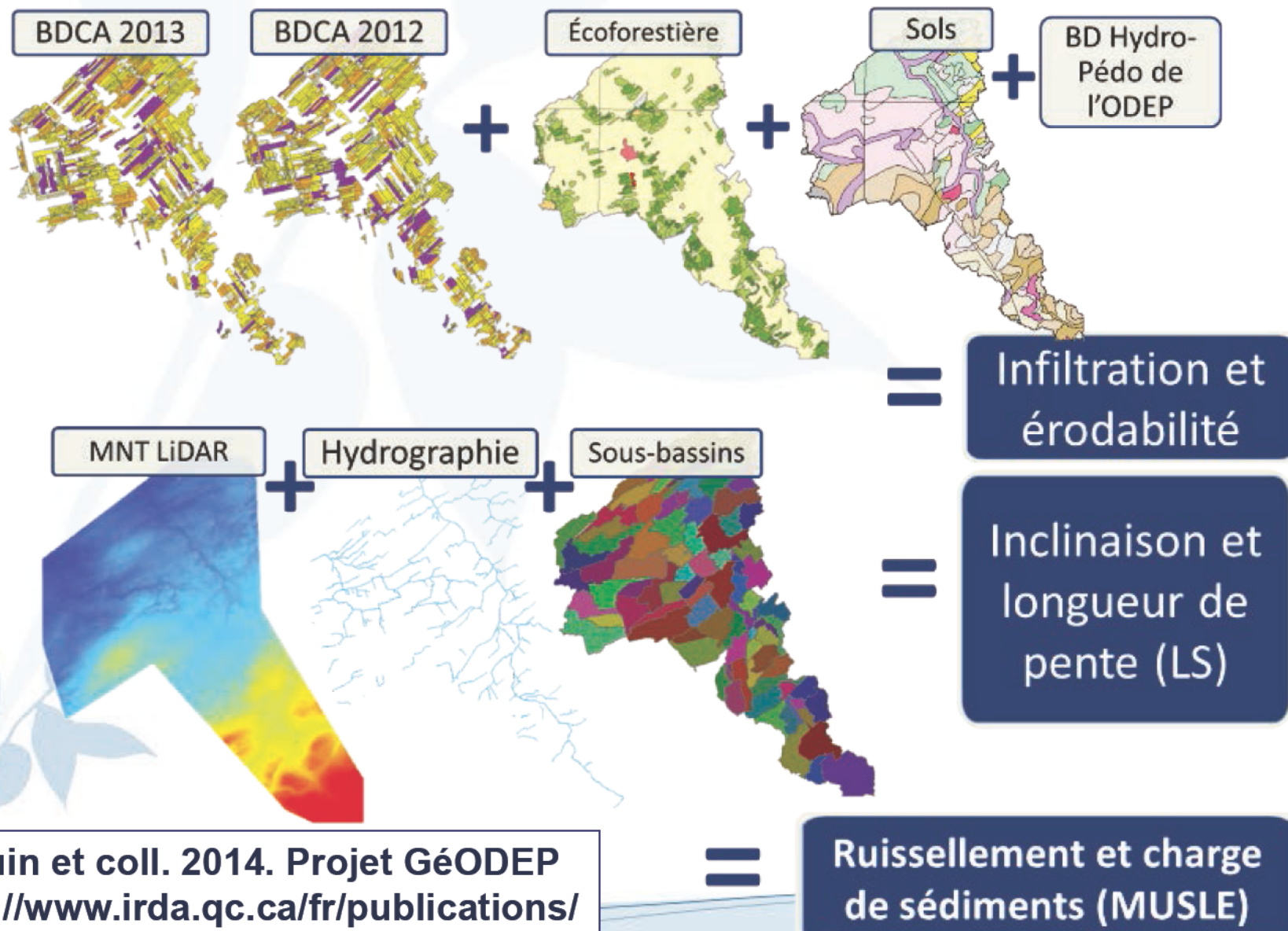
Écoulement de surface Drainage
souterrain Profil cultural Pente
Longueur du parcours de l'eau

Prévision annuelle à l'échelle du champ:

Ruissellement, Drainage
souterrain,
Érosion et Exportation de
phosphore

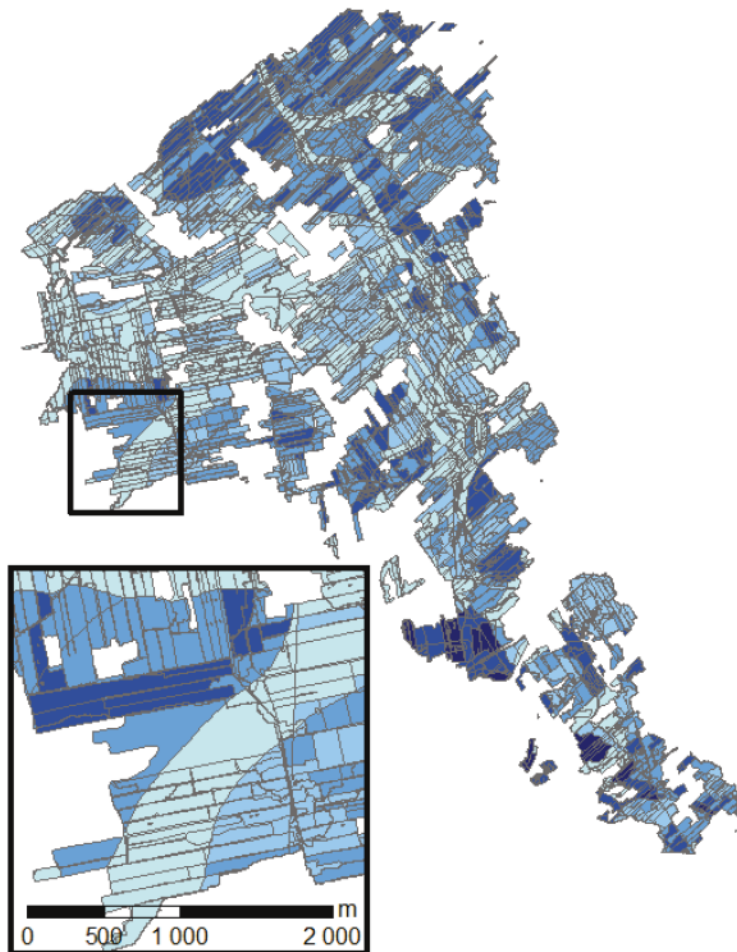
Michaud et coll. 2009. Projet ODEP
<http://www.irda.qc.ca/fr/publications/>

← DE L'ODEP À GÉODEP →

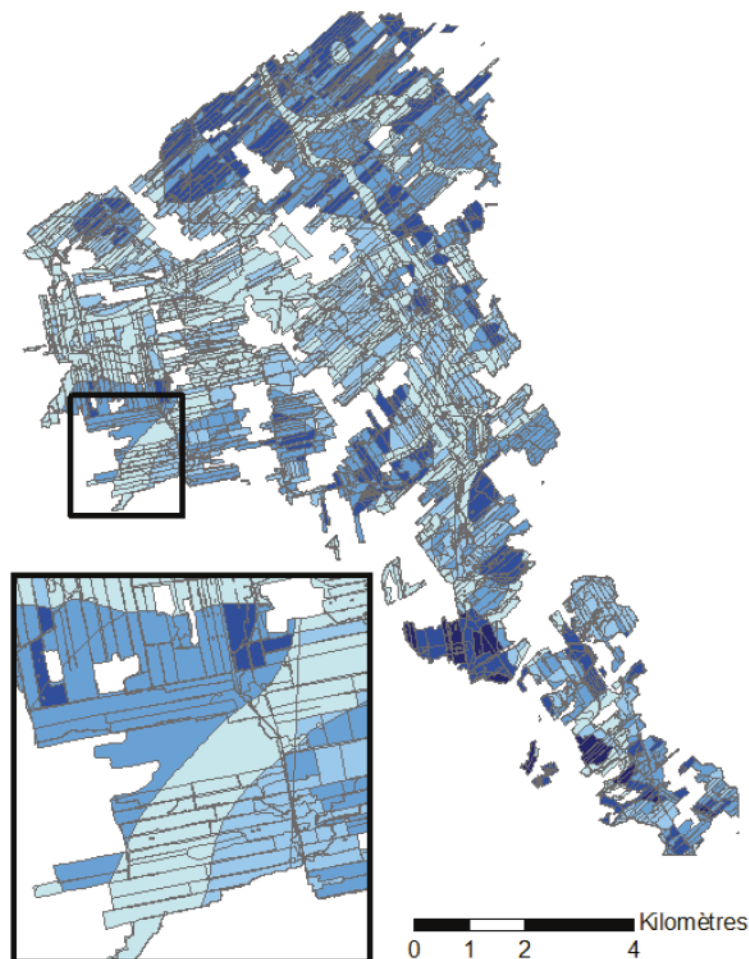


Quantifier les vulnérabilités au ruissellement, à l'érosion et aux exportations de P: Outil GéODEP

Valeurs par défaut



Valeurs modifiées

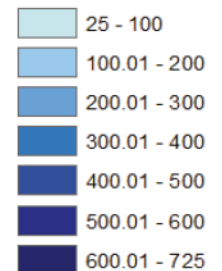


Bras d'Henri

Sorties de GEODEP

Ruissellement

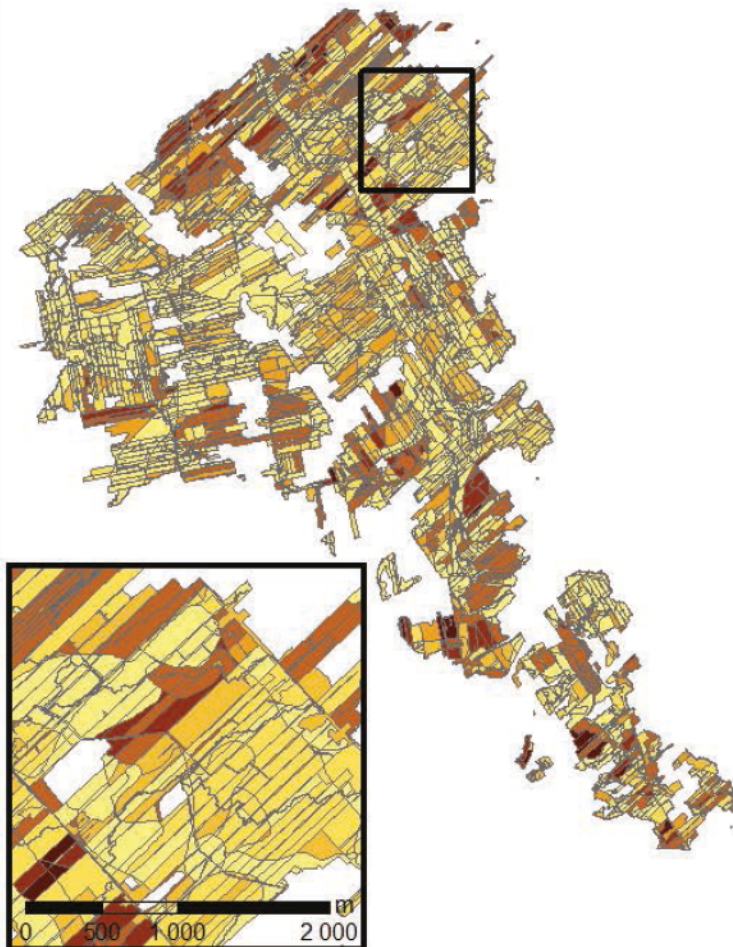
mm / an



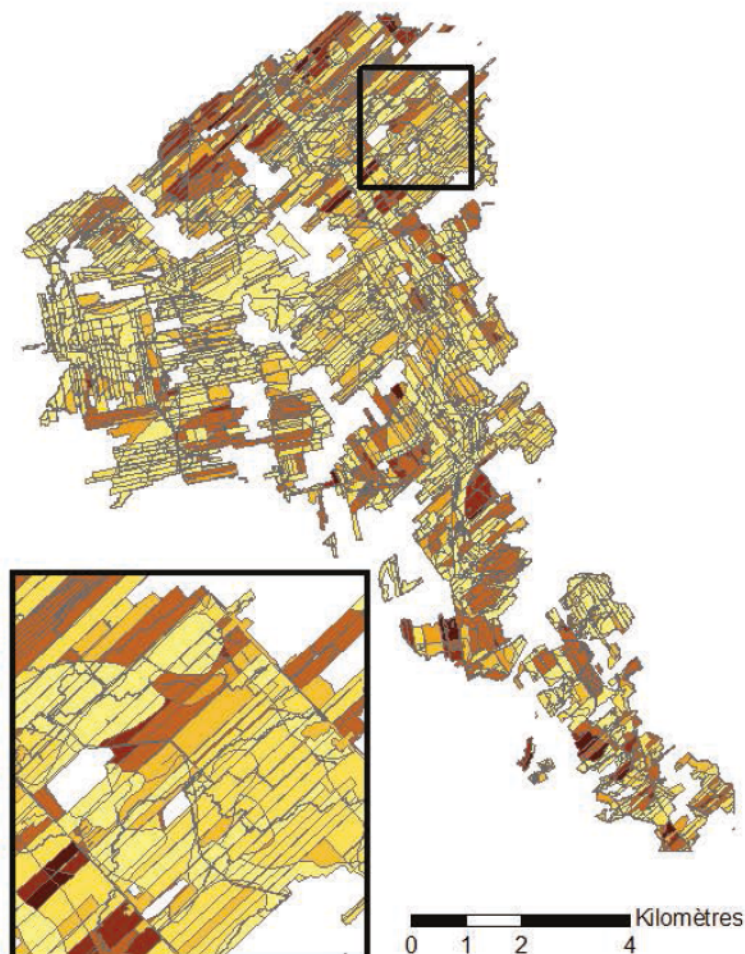
Indexation des hauteurs de ruissellement à l'échelle de l'unité de réponse hydrologique (URH) prédites par l'utilitaire GEODEP.

Quantifier les vulnérabilités au ruissellement, à l'érosion et aux exportations de P: Outil GéODEP

Valeurs par défaut



Valeurs modifiées

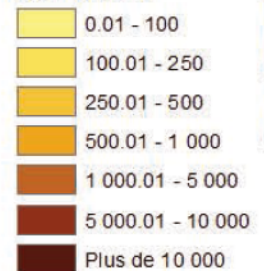


Bras d'Henri

Sorties de GEODEP

Export. de sédiments

Kg / ha / an



N



Indexation des exportations de sédiments à l'échelle de l'unité de réponse hydrologique (URH) prédites par l'utilitaire GEODEP.

La (vraie) conclusion...

Vous appartient.