



CONGRÈS 2016 | 15-16 SEPTEMBRE



Aubert Michaud, PhD
Institut de recherche et développement en agroenvironnement
Bloc F

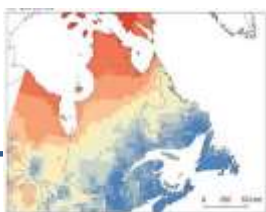
Les enjeux de la gestion de l'eau en climat futur

Les enjeux de la gestion de l'eau en climat futur

Plan de la présentation

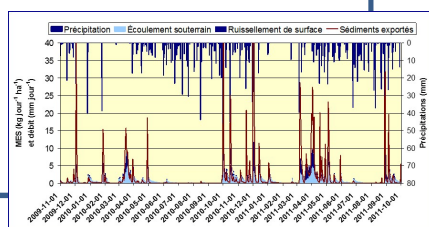
Les changements climatiques:

- Précipitations
- Température



Distribution disponibilité de l'eau:

- Les excédents
- Les déficits



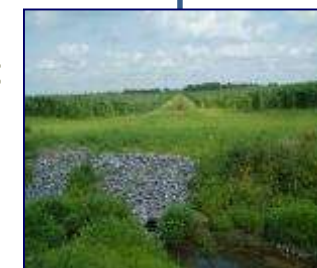
Les enjeux:

- Ruissellement, érosion, inondation
- Déficits hydriques
- Disponibilité de l'eau
- Qualité de l'eau



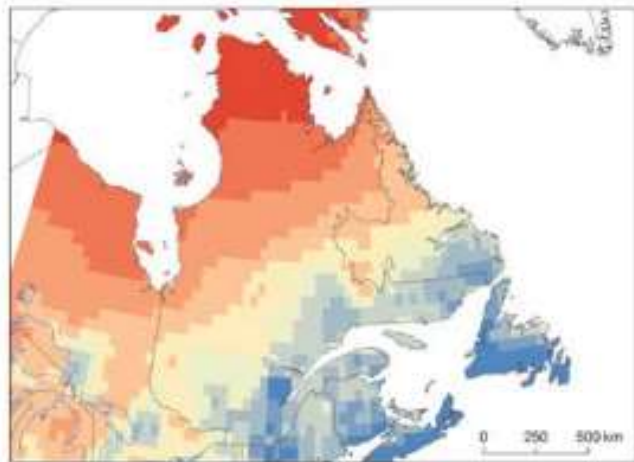
Les mesures d'adaptation:

- Aménagement des terres et des cours d'eau
- Pratiques culturales
- Fertilisation
- Drainage contrôlé et irrigation



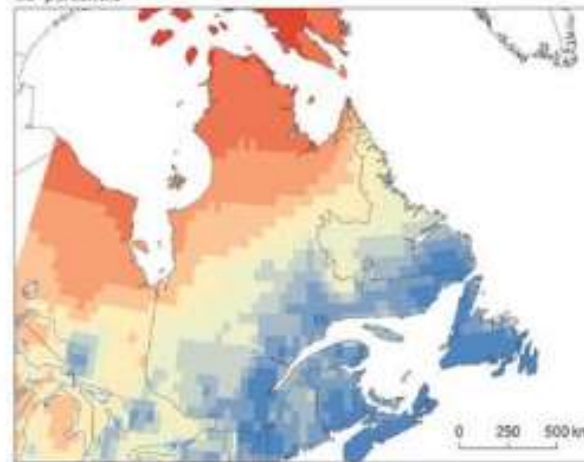
Les changements climatiques Distribution des précipitations en climat futur

Observations : 1971 à 2000 (CRU TS 3.21)

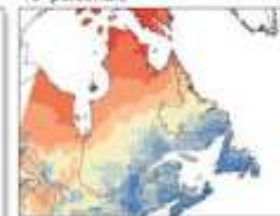


Horizon 2050 : RCP 8.5

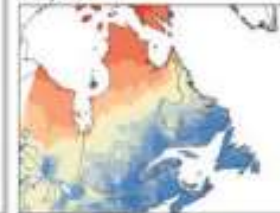
50^e percentile



10^e percentile



90^e percentile



Précipitations totales (mm) : ANN

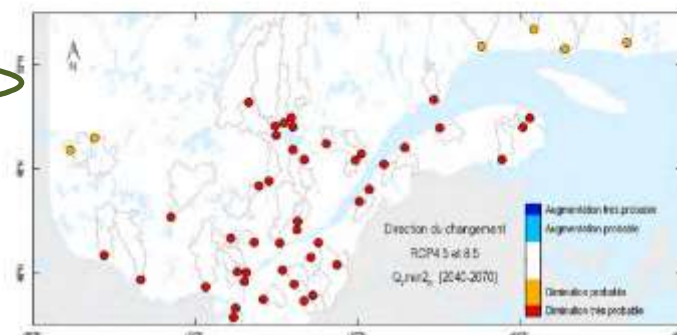
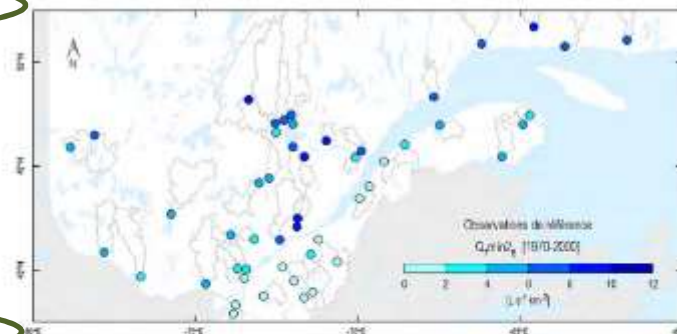


Source: Ouranos (2015)

**Les effets sur le gradient et la disponibilité de l'eau:
Les effets à l'échelle provinciale**

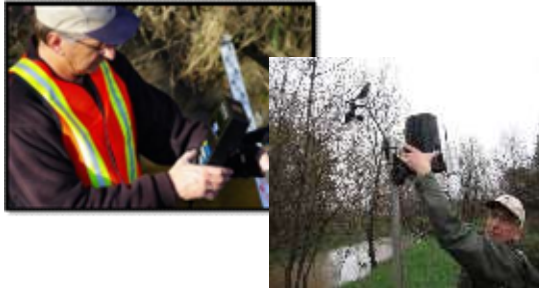
Tendances à l'horizon 2050	Niveau de confiance
Les crues printanières seront plus hâtives.	Élevé
Le volume des crues printanières diminuera au sud du Québec méridional.	Modéré
La pointe des crues printanières sera moins élevée au sud du Québec méridional.	Modéré
La pointe des crues estivales et automnales sera plus élevée sur une large portion du Québec méridional.	Modéré
Les étiages estivaux seront plus sévères et plus longs.	Élevé
Les étiages hivernaux seront moins sévères.	Élevé
L'hydraulicité hivernale sera plus forte.	Élevé
L'hydraulicité estivale sera plus faible.	Élevé
L'hydraulicité à l'échelle annuelle sera plus forte au nord du Québec méridional et plus faible au sud.	Modéré

Étiage estival Débit moyen sur 7 jours, récurrence 2 ans



Source: Atlas hydroclimatique. CEHQ (2015)

Prédire les effets des changements climatiques sur la distribution et la disponibilité de l'eau en milieu agricole



Mesurer : Météo et hydrométrie



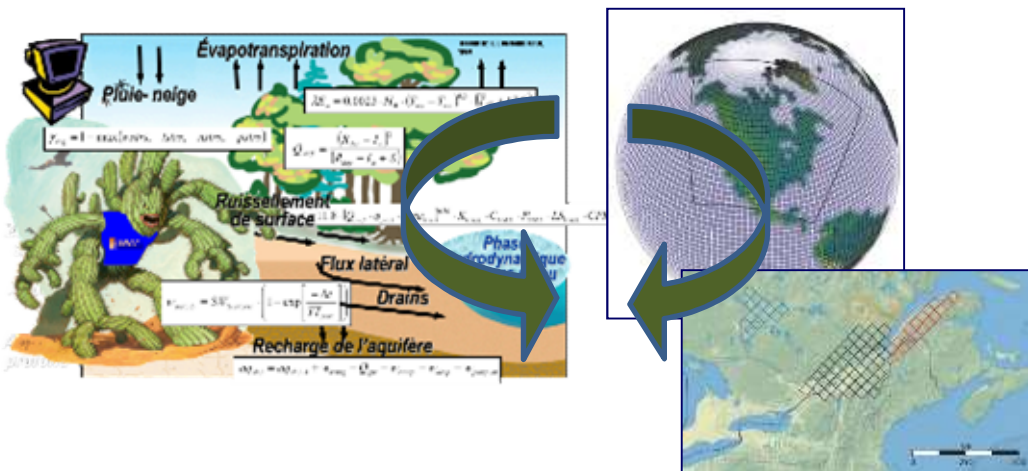
Modéliser l'hydrologie en climat historique



Générer les scénarios de climat futur

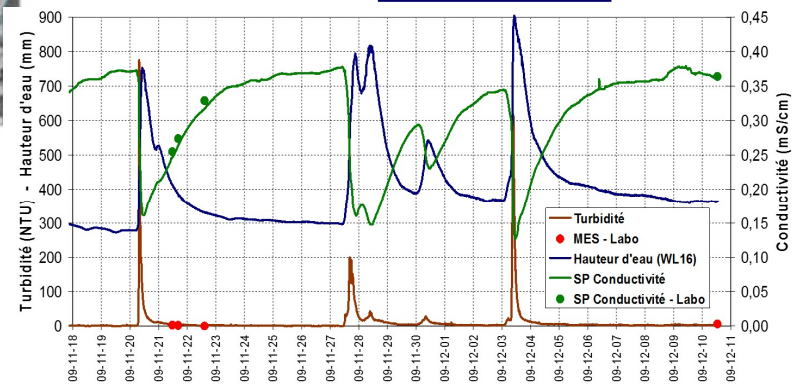
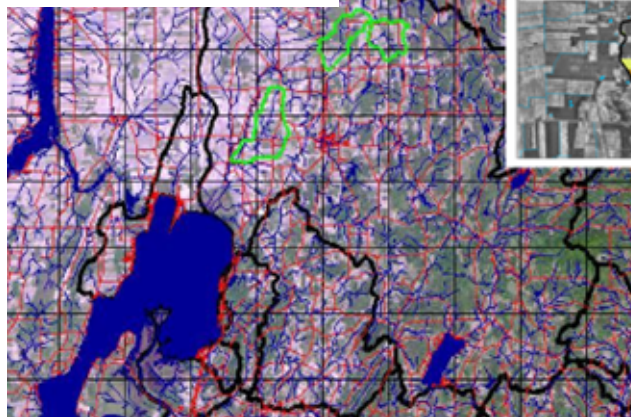
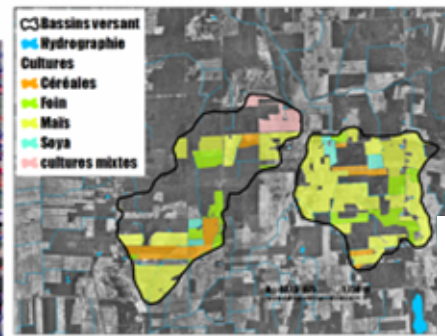
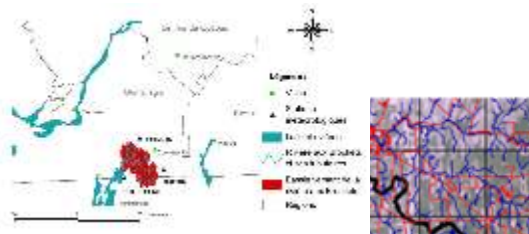


Modéliser l'hydrologie en climat futur



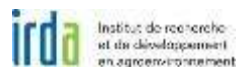
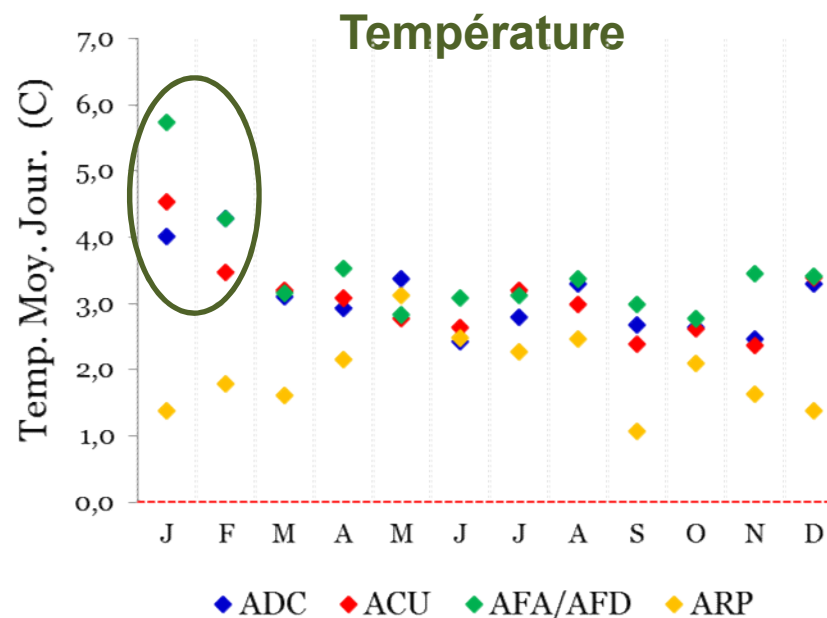
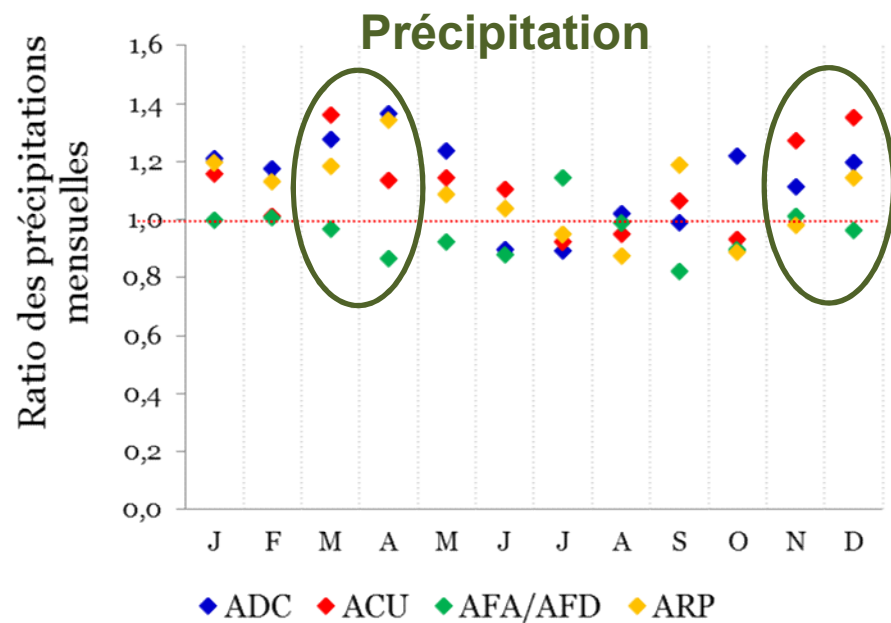
Les effets des changements climatiques sur la distribution et la disponibilité de l'eau

Mesurer : Météo et hydrométrie



Générer les scénarios de climat futur

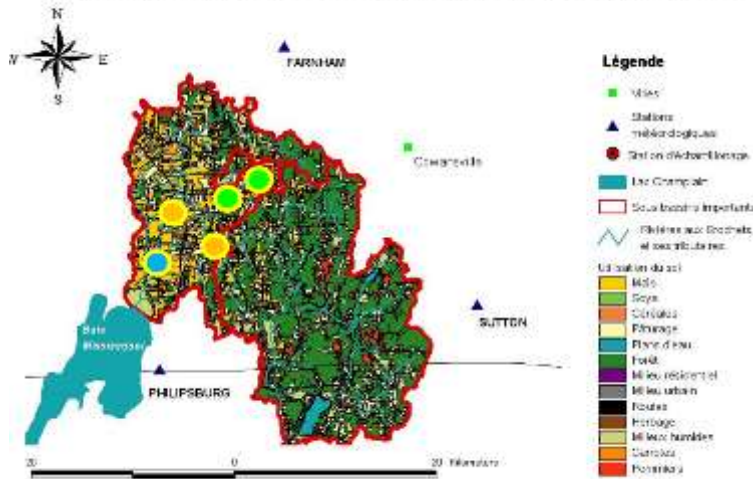
Changements dans les précipitations et les températures



Les effets des changements climatiques sur la distribution et la disponibilité de l'eau

Modéliser l'hydrologie en climat historique et futur

Bassin versant de la rivière aux Brochets



Stations hydrométriques: 4 micro-bassins (8-30 km²) et bassin Brochets (230 km²)
Périodes: historique 1971-2000 et future: 2041-2070

Débits

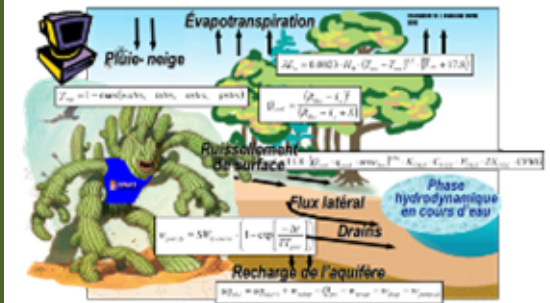
● C : Nov 2001-Mai 2003
 ● V: Nov 2004-Mai 2006

Débits et qualité de l'eau

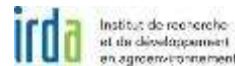
● C : Nov 2001-Mai 2003
 ● V: Nov 2004-Mai 2006

Débits, sédiments et PT

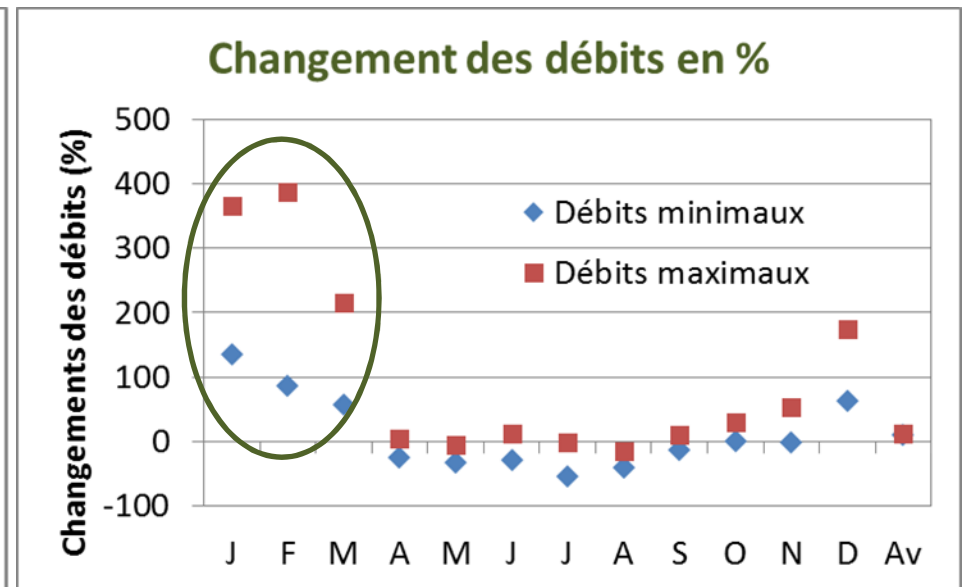
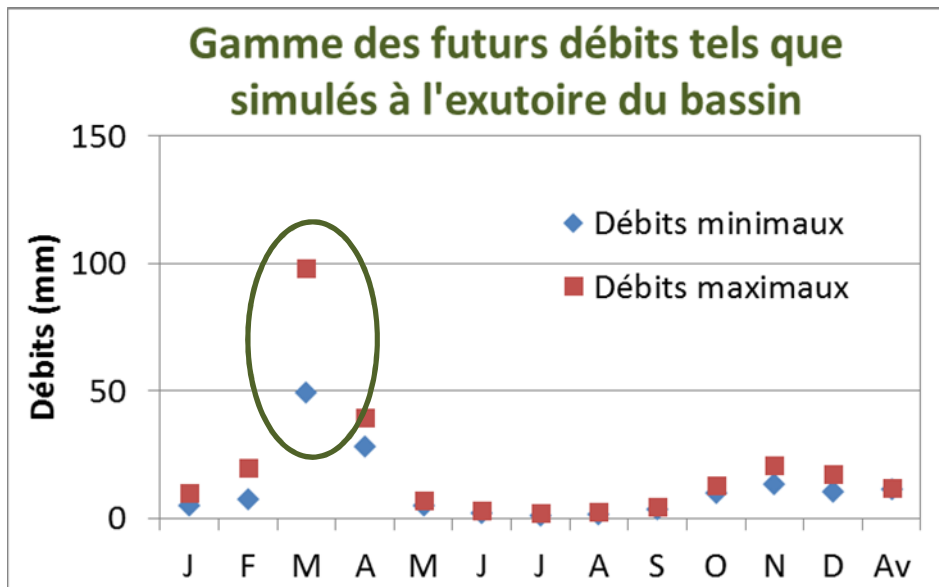
● V: 1980 -2000



Gombault, Sottile, Beaudin, Chikhaoui, Ngwa, Michaud et Madramootoo.
 CWRJ et CISS, 2015



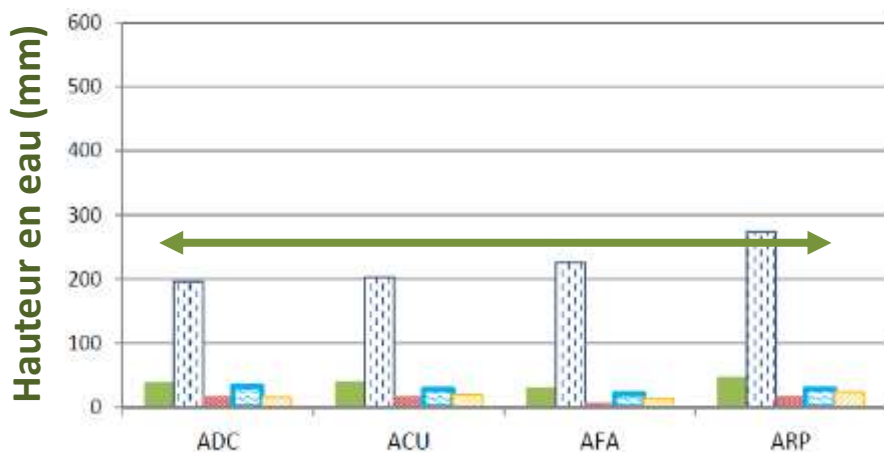
Modéliser l'hydrologie en climat futur Changements dans les débits, base mensuelle



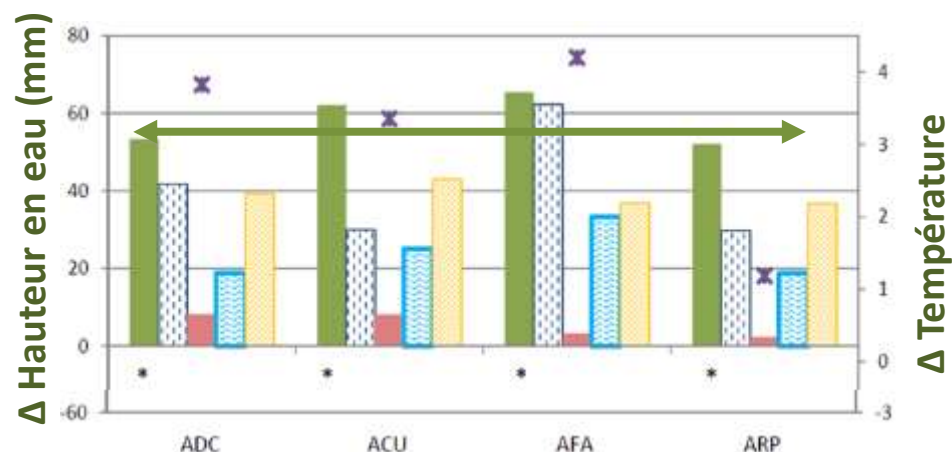
Modéliser l'hydrologie en climat futur

Changements dans les bilans hydriques: HIVER (Dec.-Fév.)

Hauteurs en eau historiques



Changements absolus moyens (30 ans)



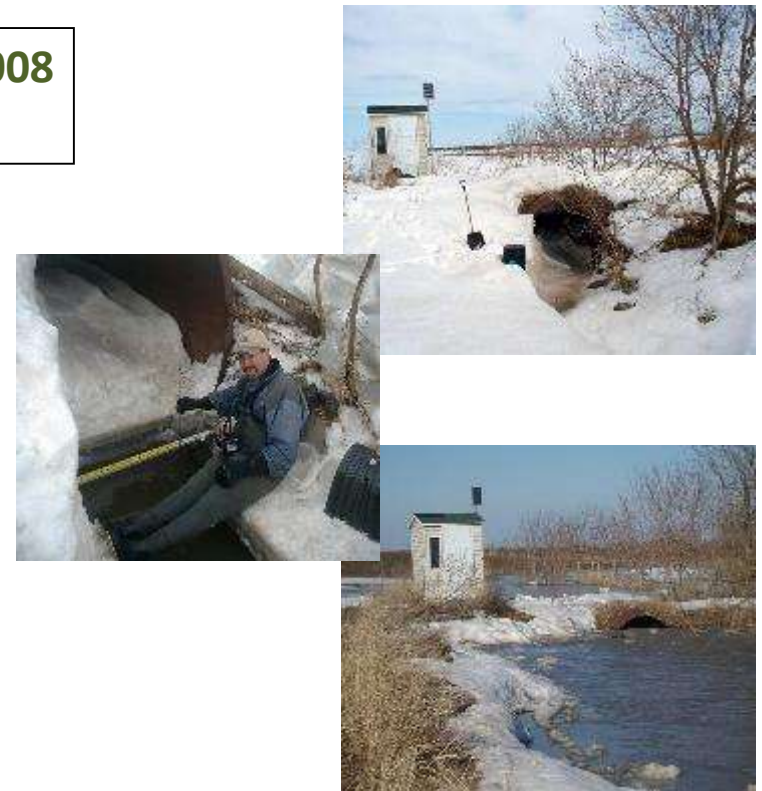
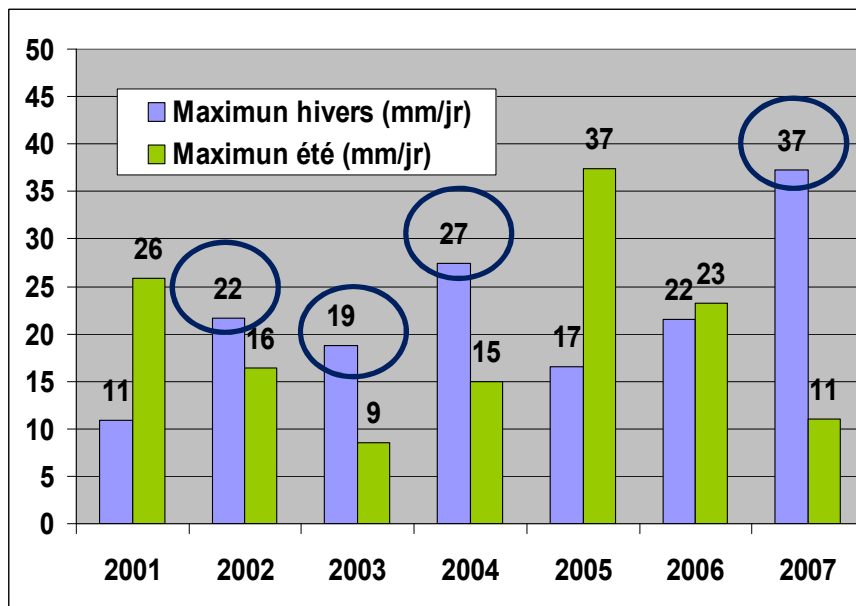
■ Δ Débit
 ■ Δ Ppt
 ■ Δ ETR
 ■ Δ Qsurf
 ■ Δ Qsouter
 ✕ Δ Temp



Adapté de Gombault, 2012 et Gombault et al. 2015 (CWRJ) McGill, IRDA, OURANOS, CRSNG

Changements dans les bilans hydriques: HIVER
IMPLICATIONS OPÉRATIONNELLES: Appréhender les redoux hivernaux

Hydrométrie, bassin du Ruisseau Aux Castors, 2001-2008
Distribution des maxima journaliers annuels

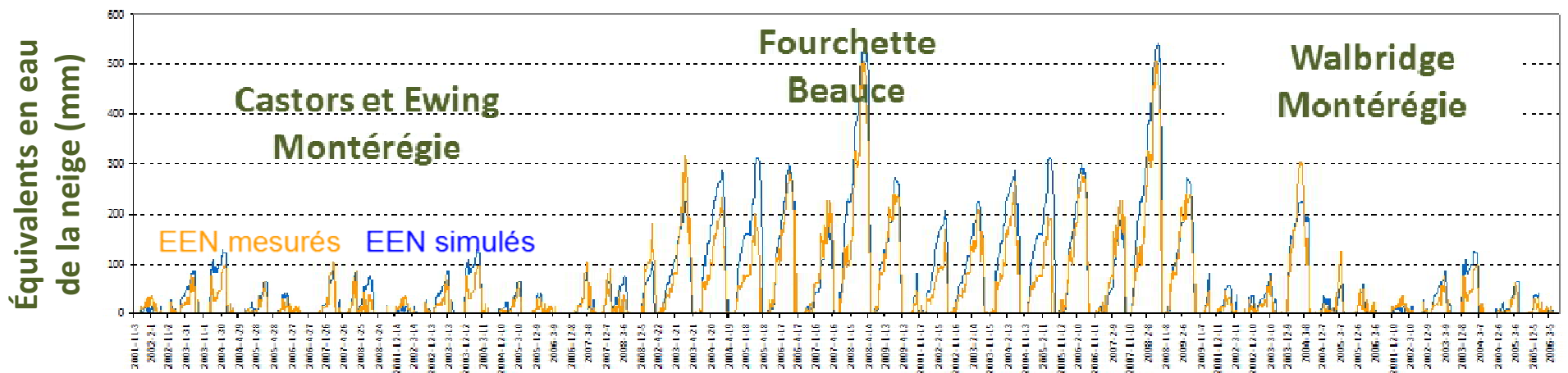


IMPLICATIONS OPÉRATIONNELLES: Appréhender les redoux hivernaux

Développement d'Indices d'apports verticaux

1^{ère} Étape: Modéliser l'évolution du couvert de neige

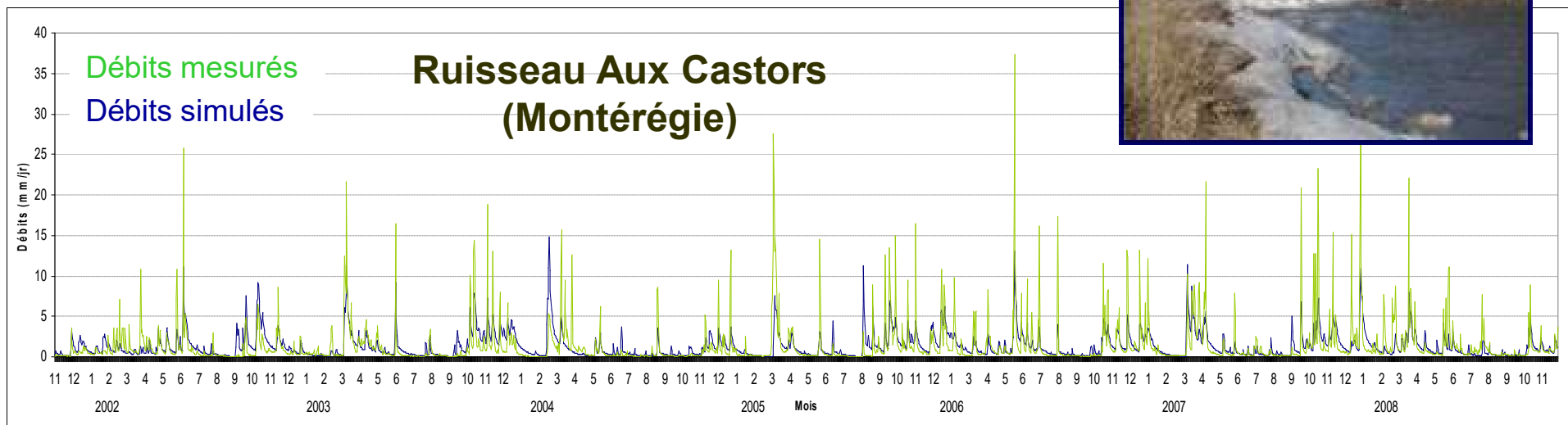
Comparaison des équivalents en eau de la neige (EEN) interpolés (mesures) et simulés par le modèle de fonte de neige CEQUEAU-modIRDA pour la Beauce et la Montérégie



IMPLICATIONS OPÉRATIONNELLES: Appréhender les redoux hivernaux **Développement d'Indices d'Indices de fonte et pluie hivernale**

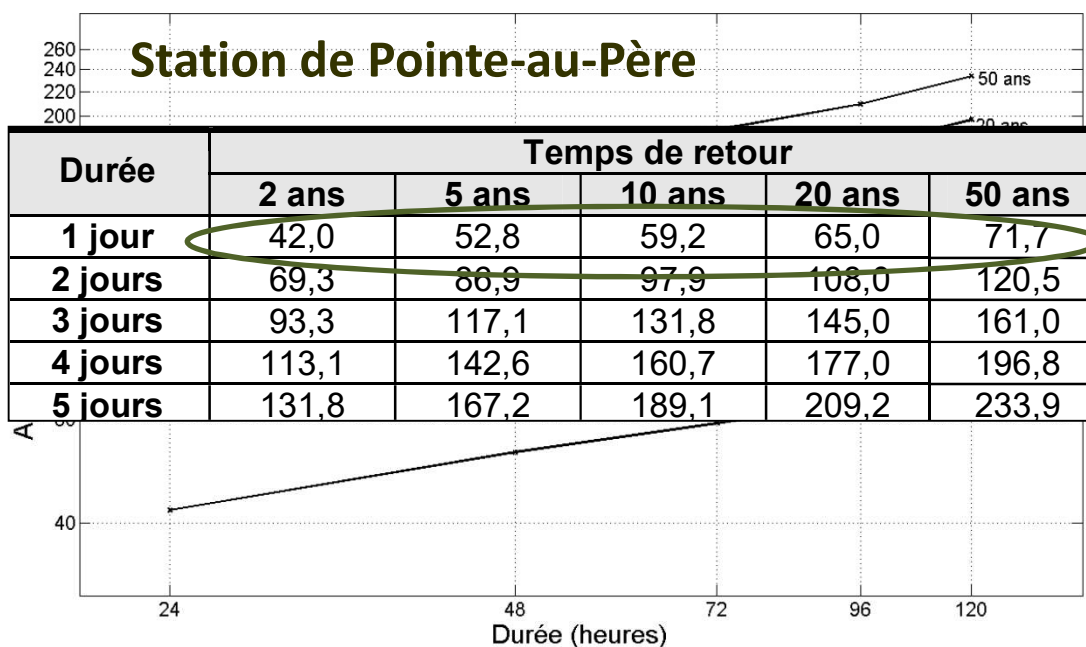
2e Étape: Modéliser les apports verticaux et les débits

Évolution des débits mesurés et des débits simulés
à partir des apports verticaux du modèle de fonte de neige



IMPLICATIONS OPÉRATIONNELLES: Appréhender les redoux hivernaux
Développement d'Indices de fonte et pluie hivernale

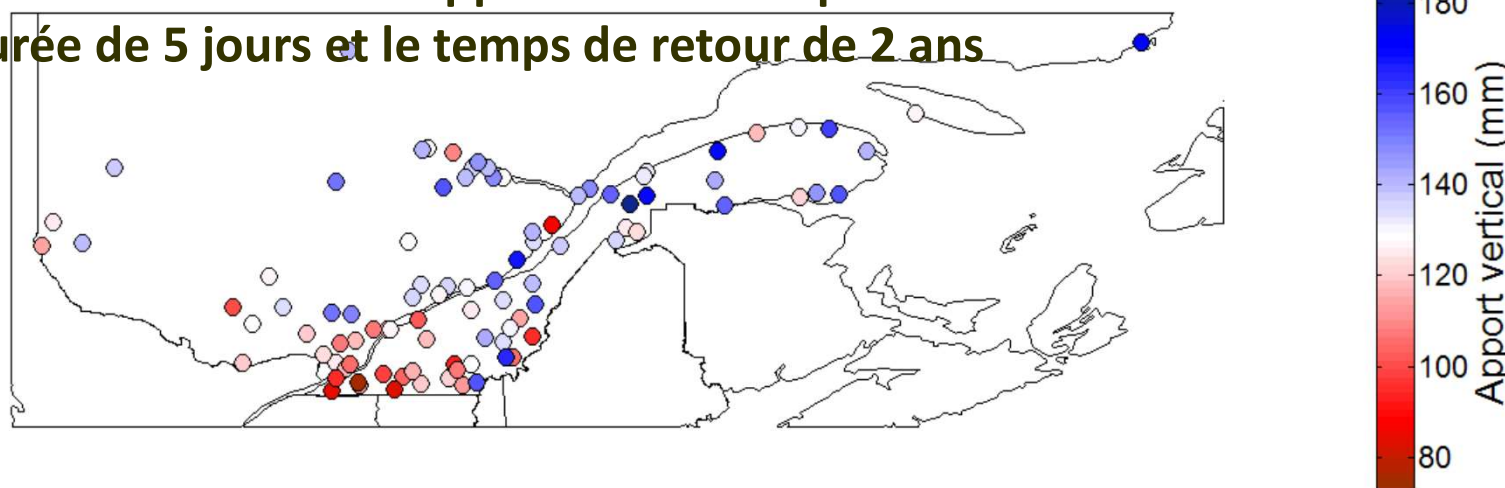
3e Étape: Générer les courbes Hauteurs-Durée-Fréquence de distribution



IMPLICATIONS OPÉRATIONNELLES: Appréhender les redoux hivernaux
Développement d'Indices de fonte et pluie hivernale

3e Étape: Générer les courbes Hauteurs-Durée-Fréquence de distribution

**Estimateurs HDF des apports verticaux pour la
durée de 5 jours et le temps de retour de 2 ans**

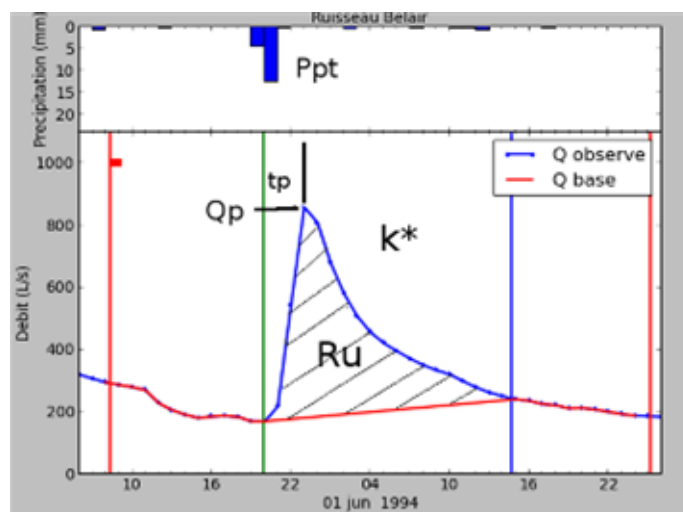


Réalisation: IRDA, INRS-ETE, MDDELCC

<http://www.irda.qc.ca/fr/publications/mise-a-jour-des-normes-et-procedures-de-conception-des-ouvrages-hydro-agricoles-dans-un-contexte-de-changements-climatiques/>

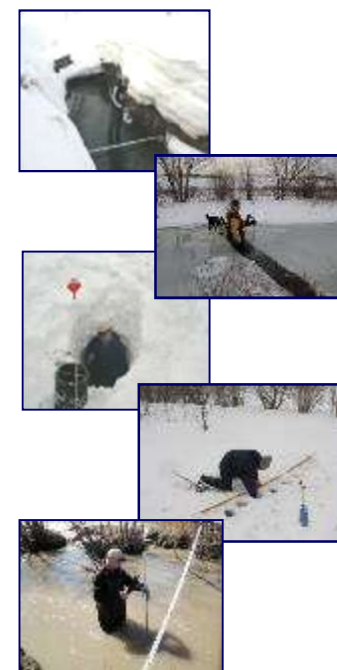
Les excédents hydriques en période hivernale/printanière
Enjeux et mesures d'adaptation: Aménagement des terres et des cours d'eau

Développer les critères de conception des ouvrages hydrauliques adaptés aux fontes et pluies hivernales



$$Q_p = k^* \frac{Ru}{t_c} A$$

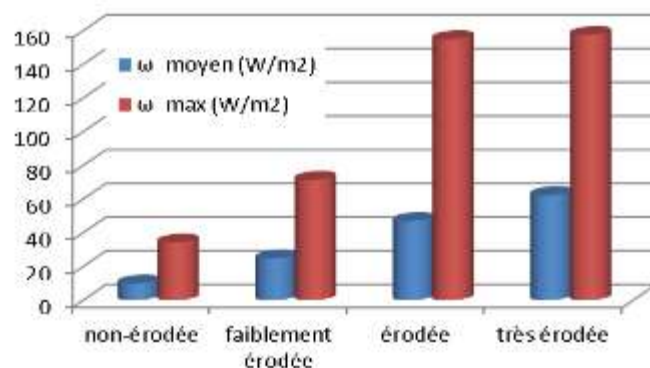
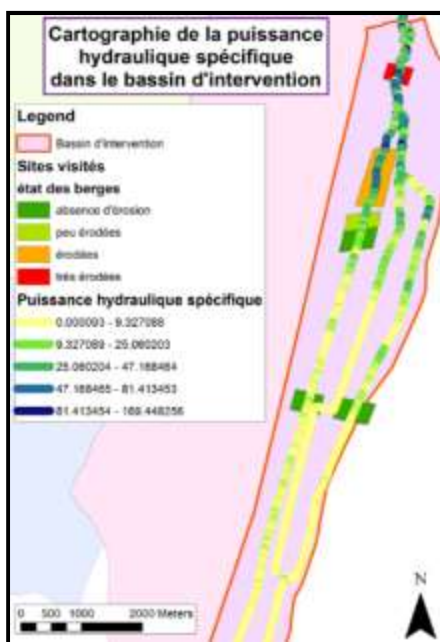
- Qp: Débit de pointe
- K: Paramètre de forme de l'hydrogramme
- C: coefficient de ruissellement
- Pte: Précipitation
- Tc: Temps de concentration
- A: Superficie du bassin



Logiciel d'analyse hydrologique VisuHydro. Lagacé (2012)

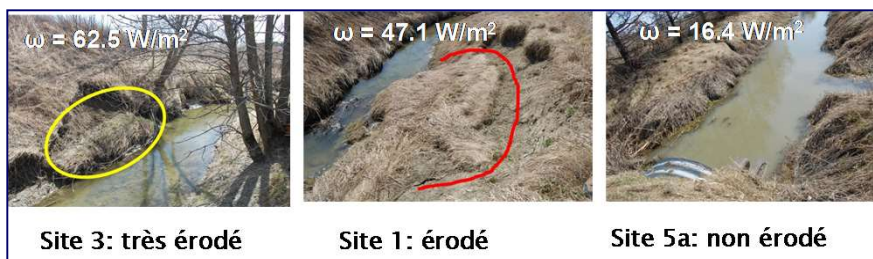
Les excédents hydriques en période hivernale/printanière Enjeux et mesures d'adaptation: Aménagement des terres et des cours d'eau

Rendre à certains cours d'eau leur espace de liberté



Aménagement des cours d'eau en milieu agricole:

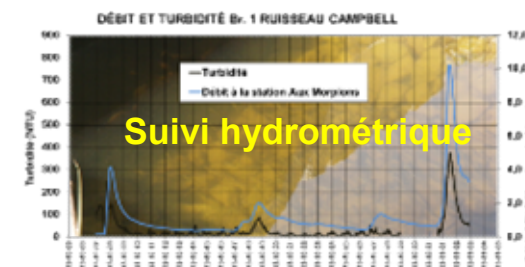
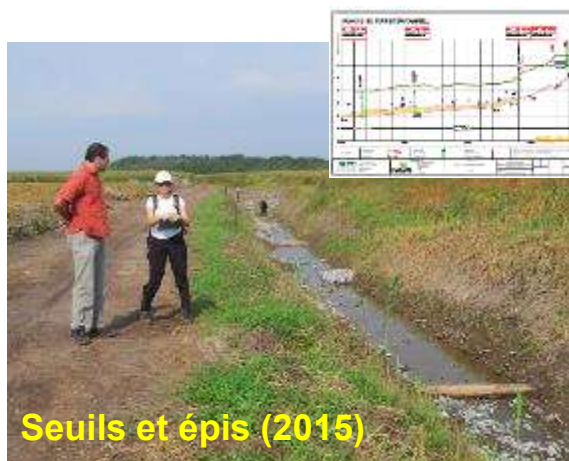
- Augmentation des densités de drainage de 1,0 km/km² jusqu'à 1,7-2,1 km/km²
 - Augmentation des vitesses et débits de pointe de 25% à 75%
- Beaulieu, 1999



Portrait hydrogéomorphologique de la Baie de Lavallière.
C. Roux, P. Biron et A. Michaud; 2012

Les excédents hydriques en période hivernale/printanière
Enjeux et mesures d'adaptation: Aménagement des terres et des cours d'eau

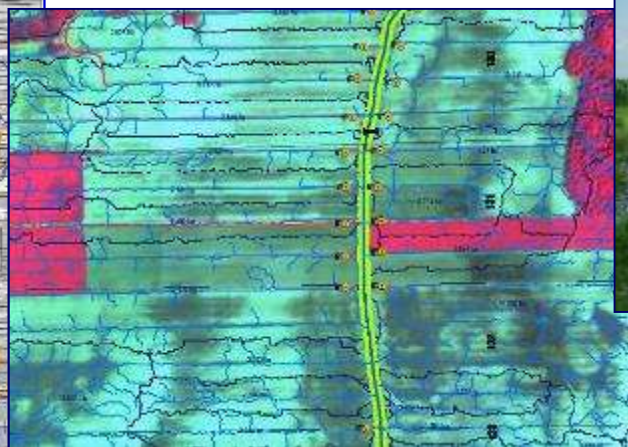
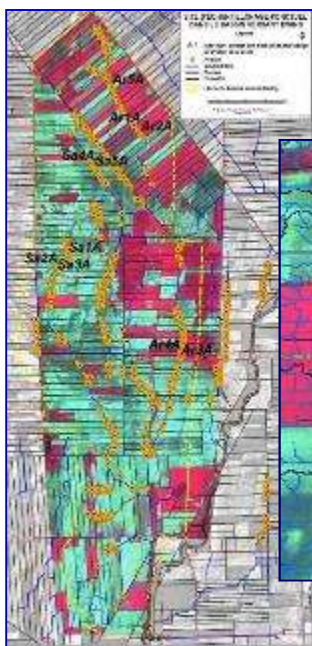
Soutenir l'innovation dans l'aménagement des cours d'eau;



Verdissement du ruisseau Campbell. Montérégie. ALPG consultants, MRC Brome-Missisquoi, OBV Missisquoi, IRDA.

Les excédents hydriques en période hivernale/printanière
Enjeux et mesures d'adaptation: Aménagement des terres et des cours d'eau

Intégrer l'aménagement du cours d'eau, du milieu riverain
et des terres agricoles



Coopérative de solidarité du bassin versant de la rivière Au Brochet et MAPAQ, 2009; Photos: Richard Lauzier.

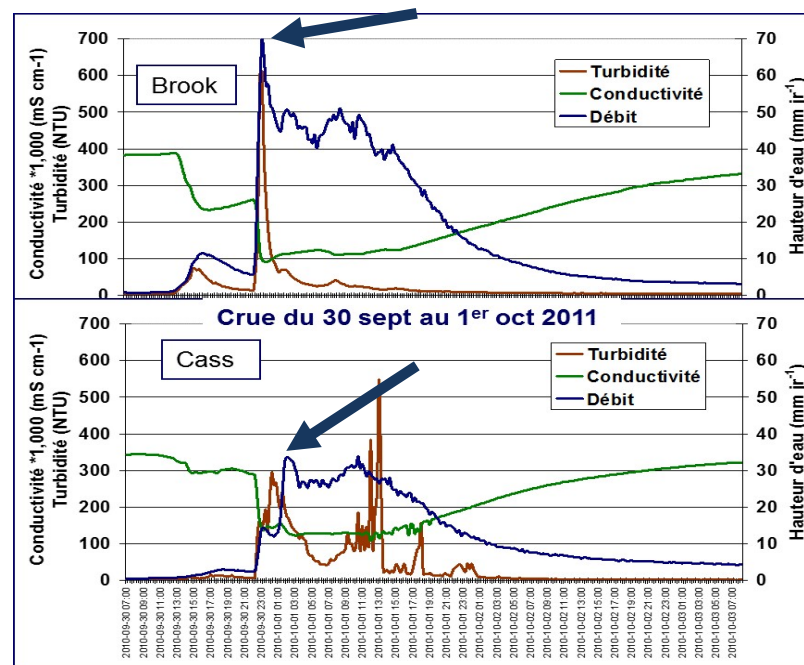
Les excédents hydriques en période hivernale/printanière
Enjeux et mesures d'adaptation: Aménagement des terres et des cours d'eau

Valoriser les plaines inondables et les milieux humides

Milieux humides du ruisseau Cass,
 Estrie



Observatoire de la qualité de l'eau de surface. Michaud et col., 2012.

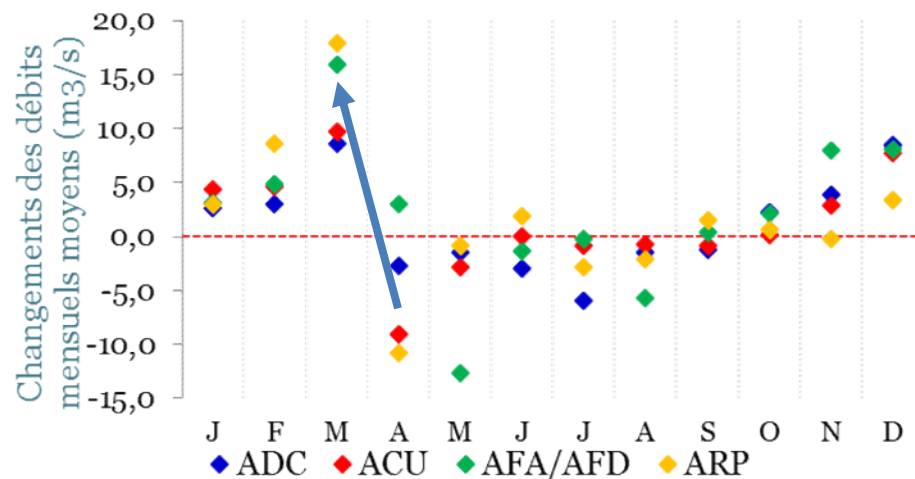


Modéliser l'hydrologie en climat futur

Changements dans les bilans hydriques: PRINTEMPS (Mars-Avril-Mai)

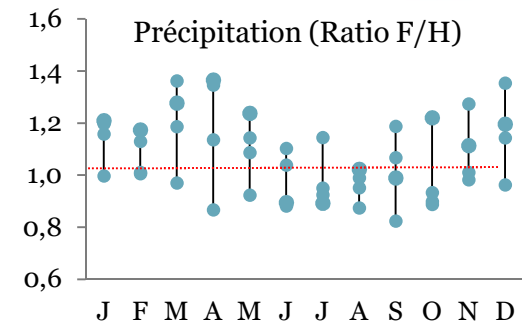
Month	ADC	ACU	AFA	ARP
J	○	○	○	○
F	○	○	○	○
M	○	○	○	○
A		○		
M		○	○	
J	○			
J	○			
A			○	
S				
O				
N			○	
D	○	○	○	○
Annuel			○	

Changements dans les débits mensuels (m3/s)



○: Changement significatif en climat futur

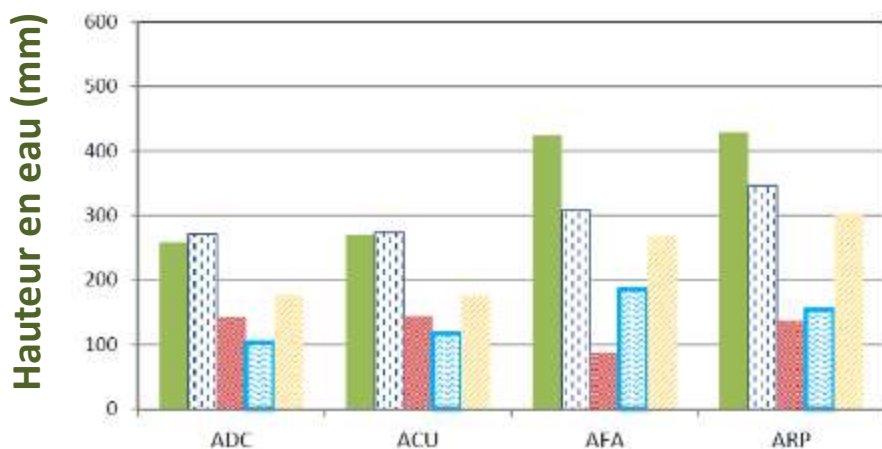
Bassin versant de la rivière aux Brochets



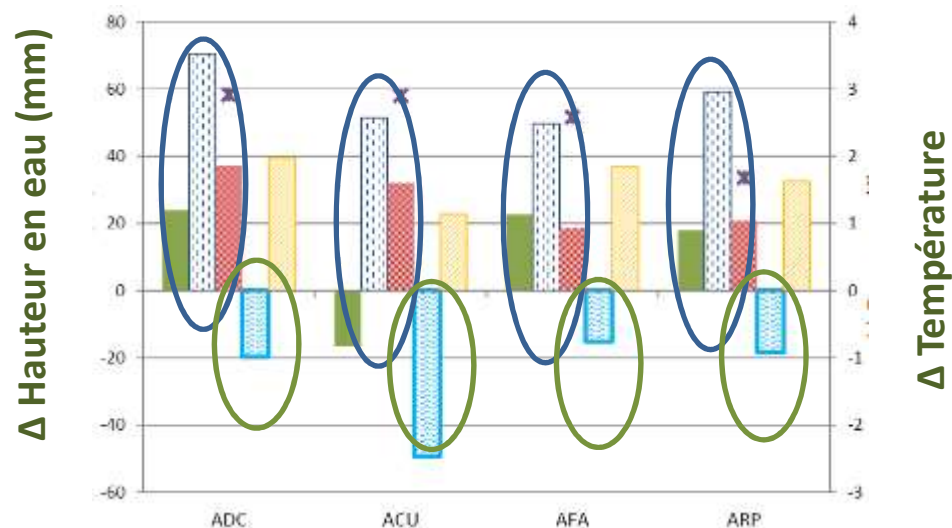
Modéliser l'hydrologie en climat futur

Changements dans les bilans hydriques: PRINTEMPS (Mars-Avril-Mai)

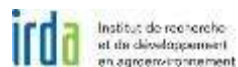
Hauteurs en eau historiques



Changements absolus moyens (30 ans)



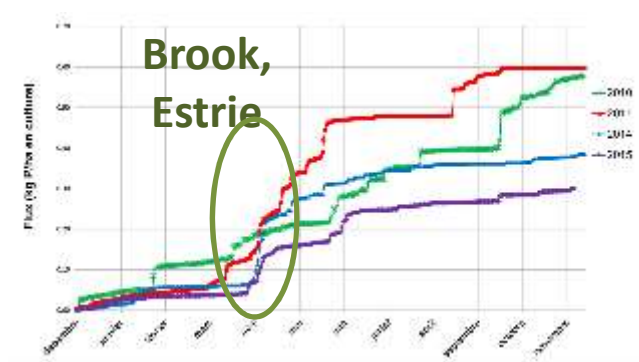
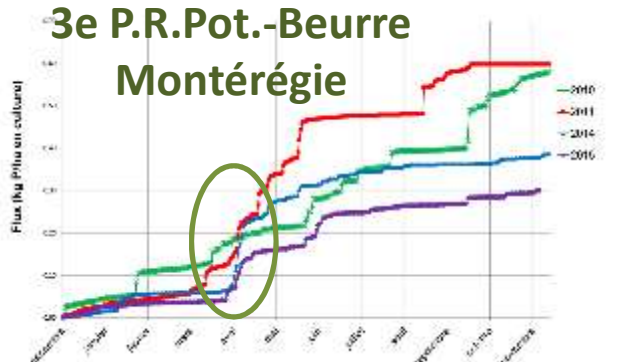
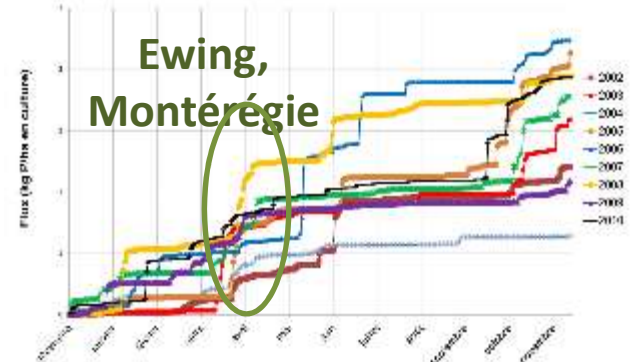
■ Δ Débit
 ■ Δ Ppt
 ■ Δ ETR
 ■ Δ Qsurf
 ■ Δ Qsouter
 ✕ Δ Temp



Adapté de Gombault, 2012 et Gombault et al. 2015 (CWRJ) McGill, IRDA, OURANOS, CRSNG

Changements dans les bilans hydriques: PRINTEMPS
Implications opérationnelles: Érosion et Phosphore

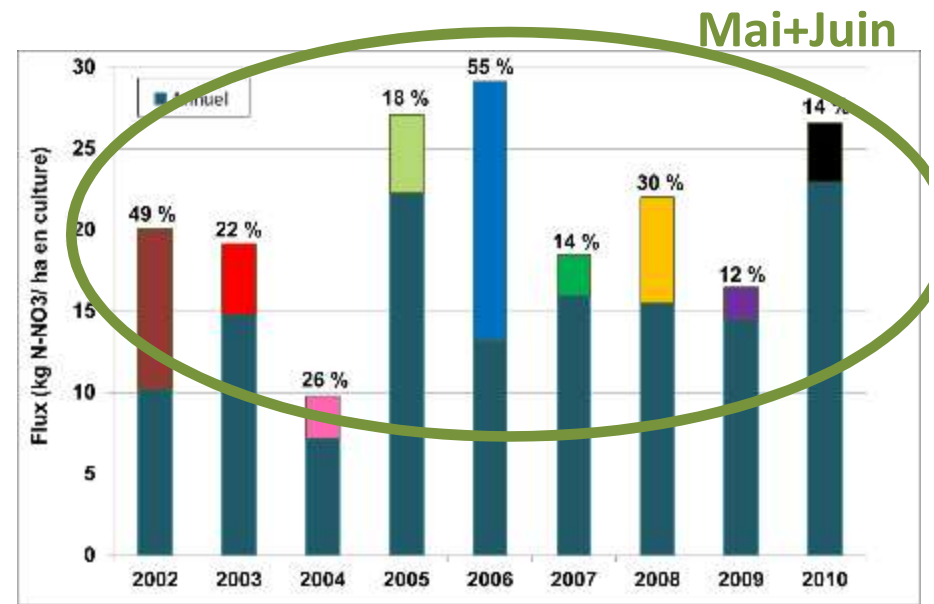
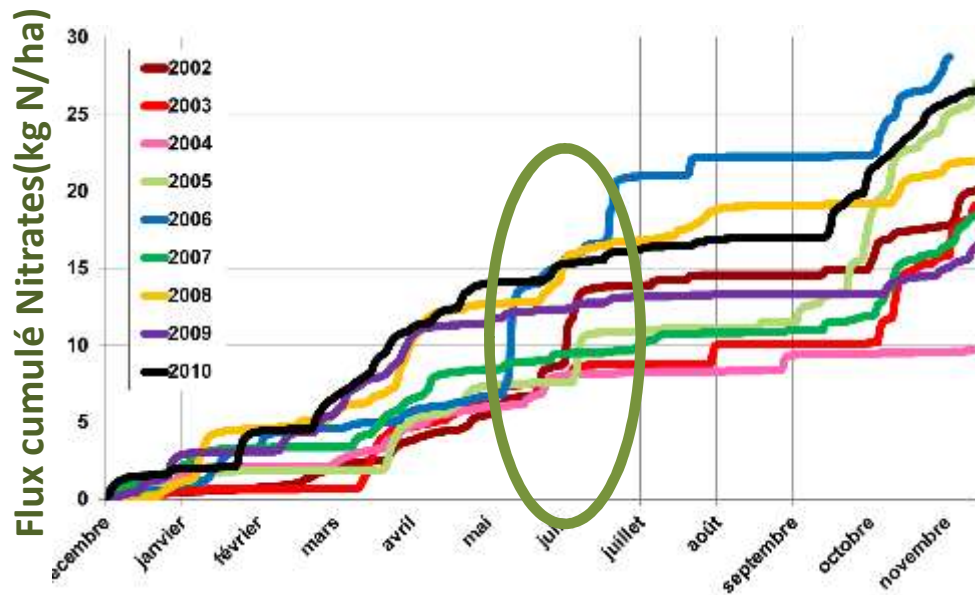
Flux cumulé de phosphore total
 (kg P/ha)



Distribution des flux cumulés de phosphore aux exutoires de petits bassins versants

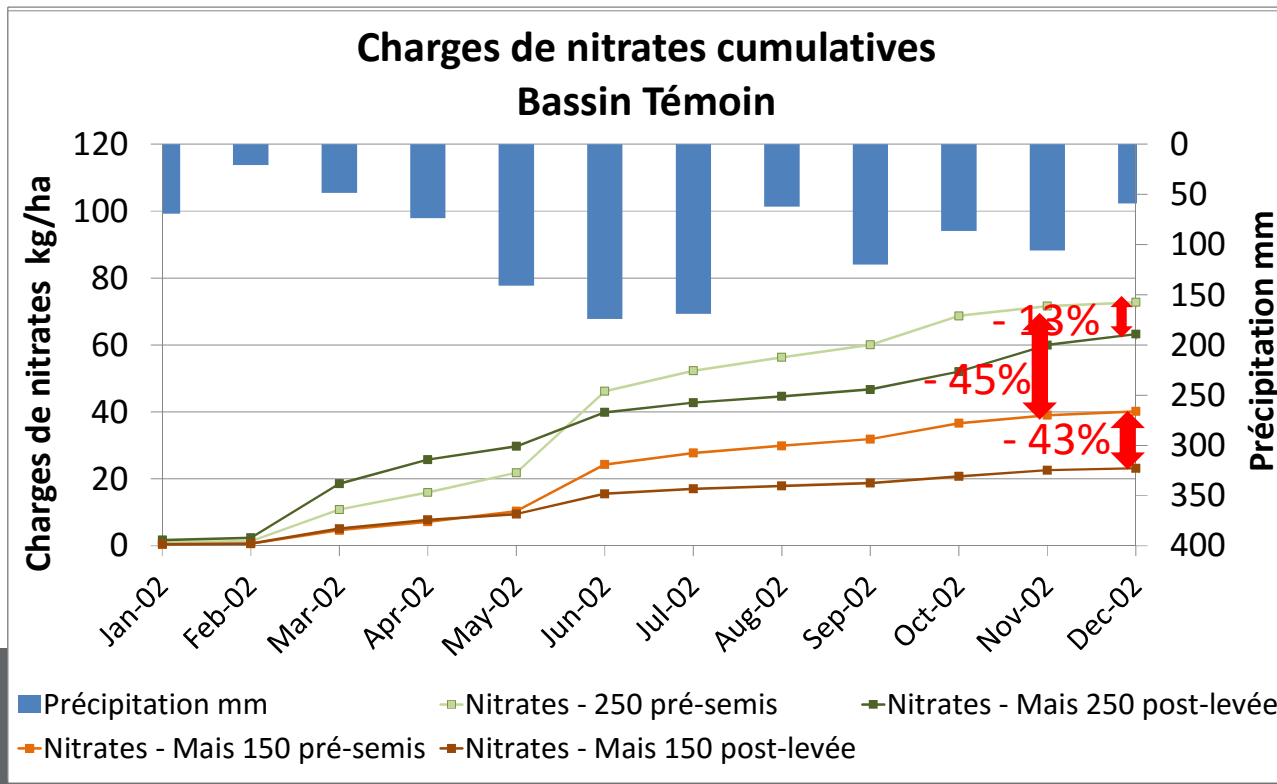
Changements dans les bilans hydriques: PRINTEMPS
Implications opérationnelles: Fertilisation Azotée

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



Changements dans les bilans hydriques: PRINTEMPS (Mars-Avril-Mai)
Implications opérationnelles: Fertilisation Azotée

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

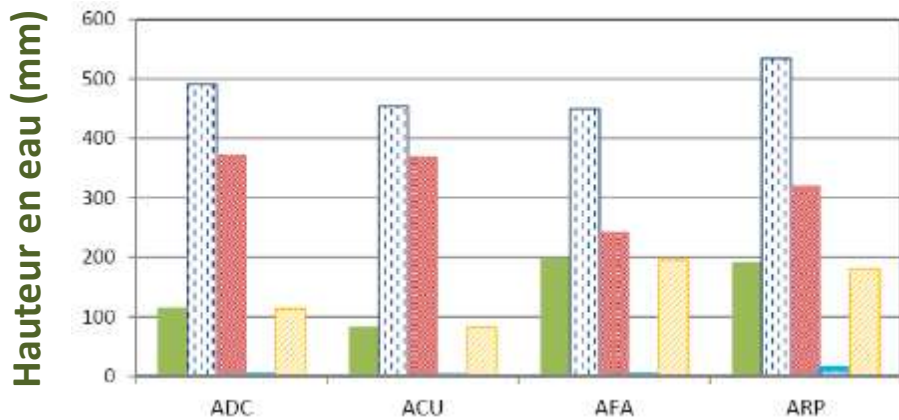


Adapté de Michaud et col., 2014.
 Projet RIZOTAGE.
<http://www.irda.qc.ca/fr/publications/rezotage-realisation-de-zones-technico-economiques-agricoles-de-gestion/>

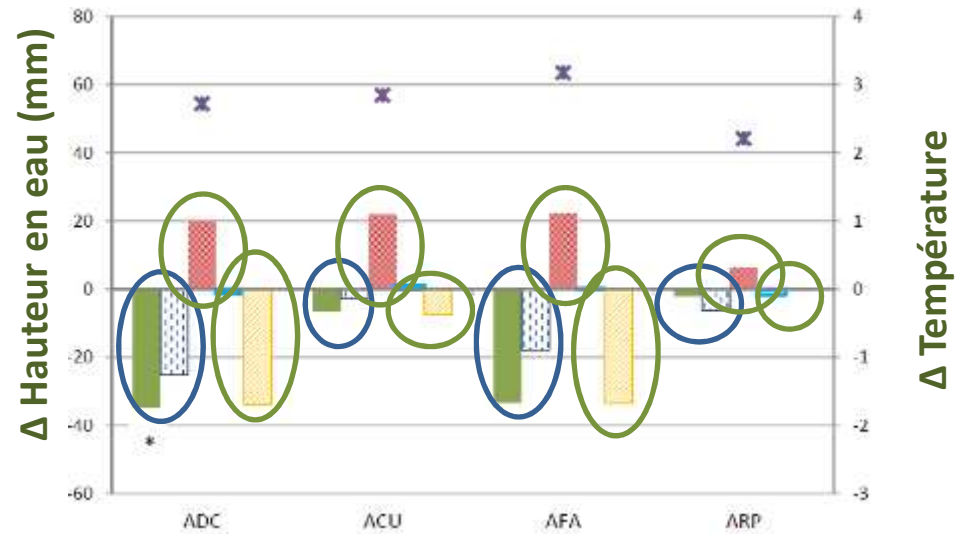
Effets des changements climatiques sur les déficits hydriques

Changements dans les bilans hydriques: ÉTÉ (Juin-Juillet-Août)

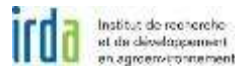
Hauteurs en eau historiques



Changements absolus moyens (30 ans)



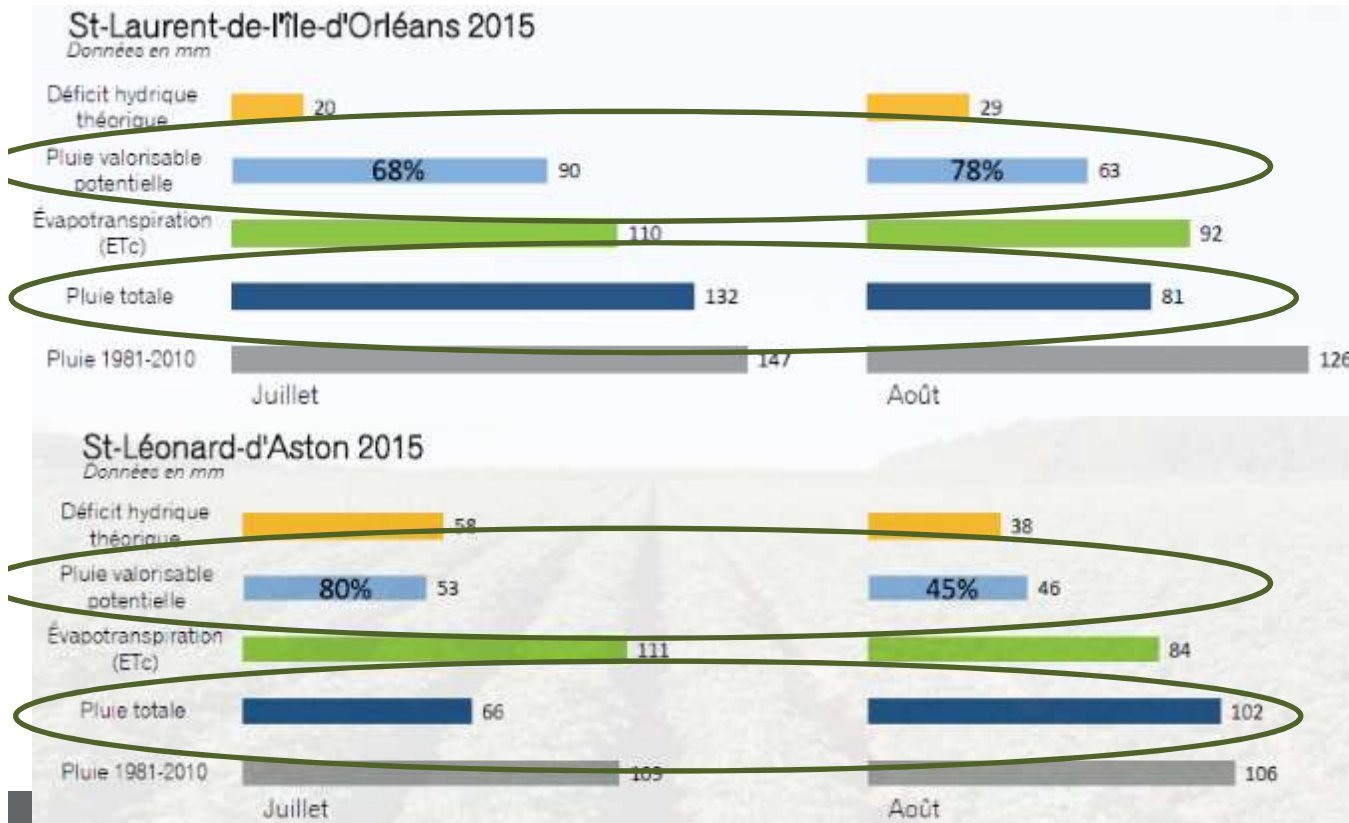
■ Δ Débit
 ■ Δ Ppt
 ■ Δ ETR
 ■ Δ Qsurf
 ■ Δ Qsouter
 x Δ Temp



Adapté de Gombault, 2012 et Gombault et al. 2015 (CWRJ) McGill, IRDA, OURANOS, CRSNG

Effets des changements climatiques sur les déficits hydriques

Hauteur d'eau de pluie potentiellement valorisable par la culture (HEPPVC)



Toute la précipitation n'est pas disponible...

HEPPVC = Portion de la réserve d'eau du sol facilement utilisable (RFU plateau).

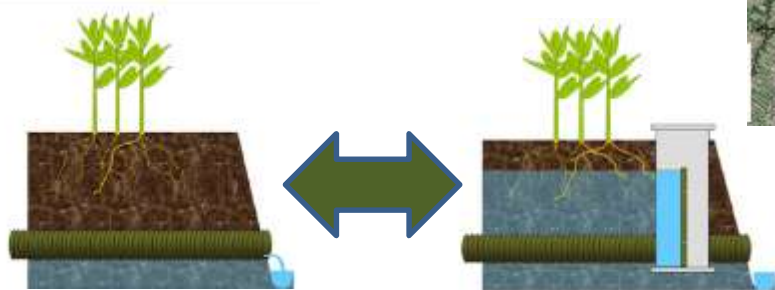


Adapté de Deschênes, Boivin, Vallée et Bergeron. IRDA et MAPAQ, 2015

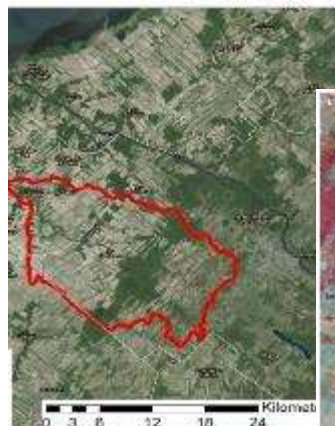
Effets des changements climatiques sur les déficits hydriques

Enjeux et adaptation: 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.



Source: AAAC en ligne



Rivière David
323 km²

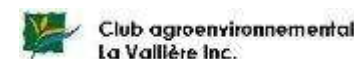
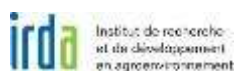


3^e P.-Riv.-Pot-Au-Beurre, 20 km²

Programme de coopération Québec-Ontario pour recherche en agroalimentaire



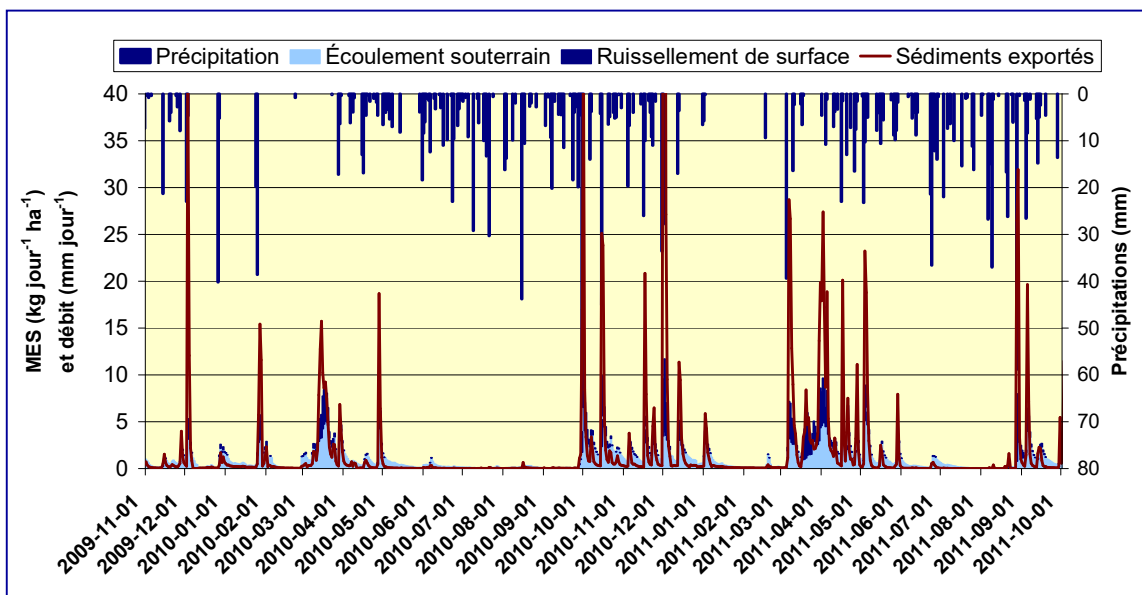
Ferme GenLouis, Yamaska



Effets des changements climatiques sur les déficits hydriques

Enjeux et adaptation: Le drainage contrôlé

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



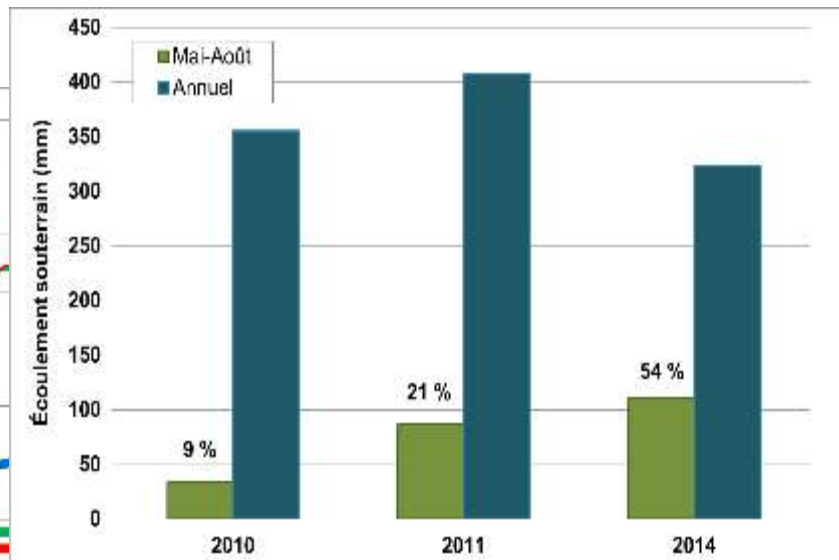
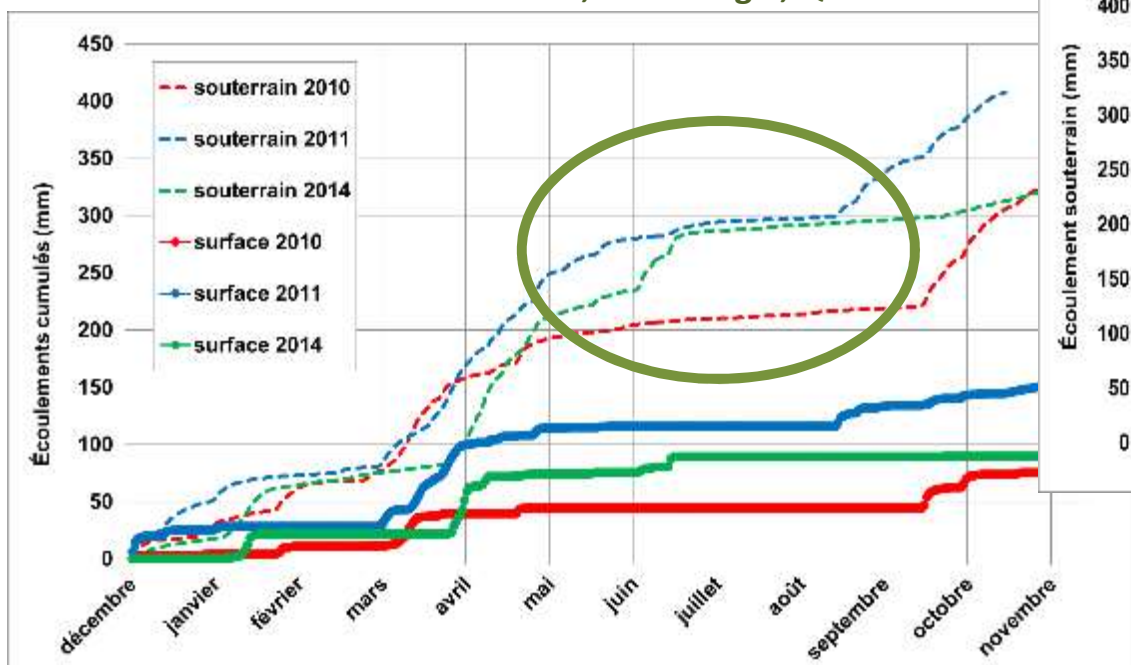
Bilan hydrologique annuel		
Précipitation	1 268 mm	
Hauteur d'eau (mm/an)	Ruissellement de surface	Total
Annuel	98	461
Mai-octobre	32	198
Novembre-avril	66	262



Effets des changements climatiques sur les déficits hydriques

Enjeux et adaptation: Le drainage contrôlé

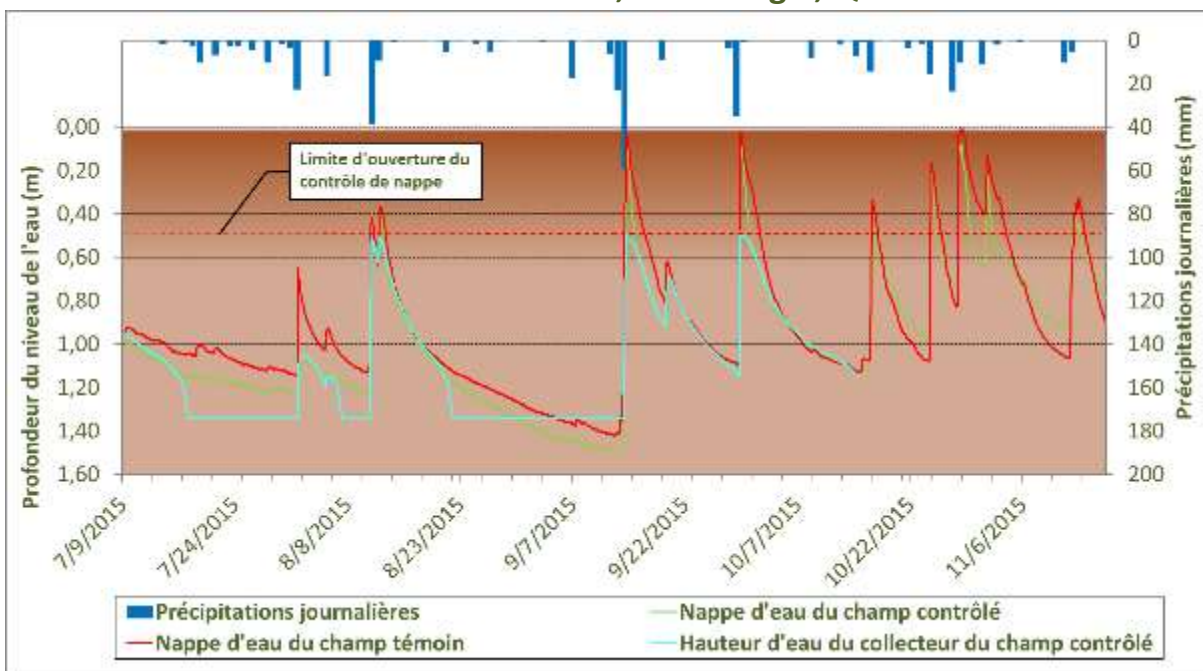
Ruissellement et écoulement souterrain cumulés
3e Petit-Pot-au-Beurre, Montérégie, Québec



Effets des changements climatiques sur les déficits hydriques

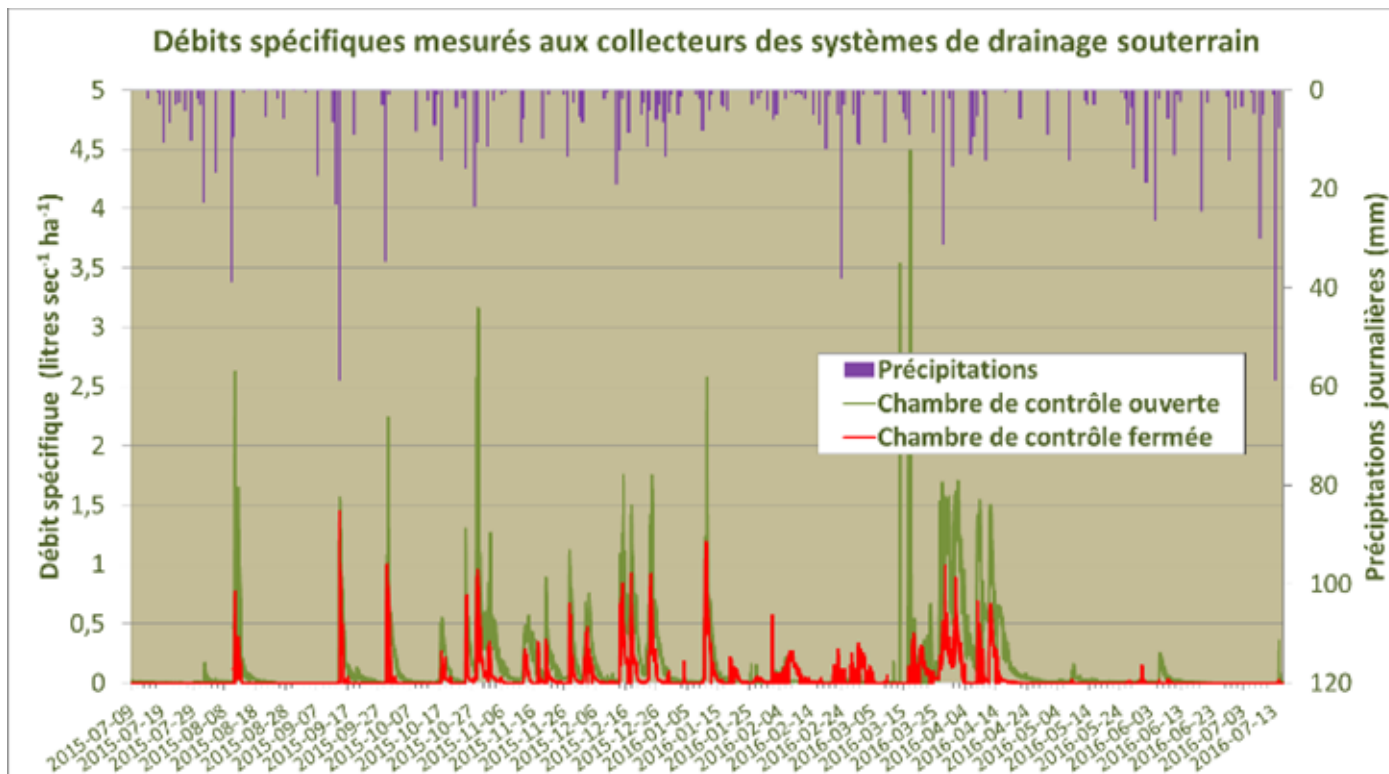
Enjeux et adaptation: Le drainage contrôlé

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



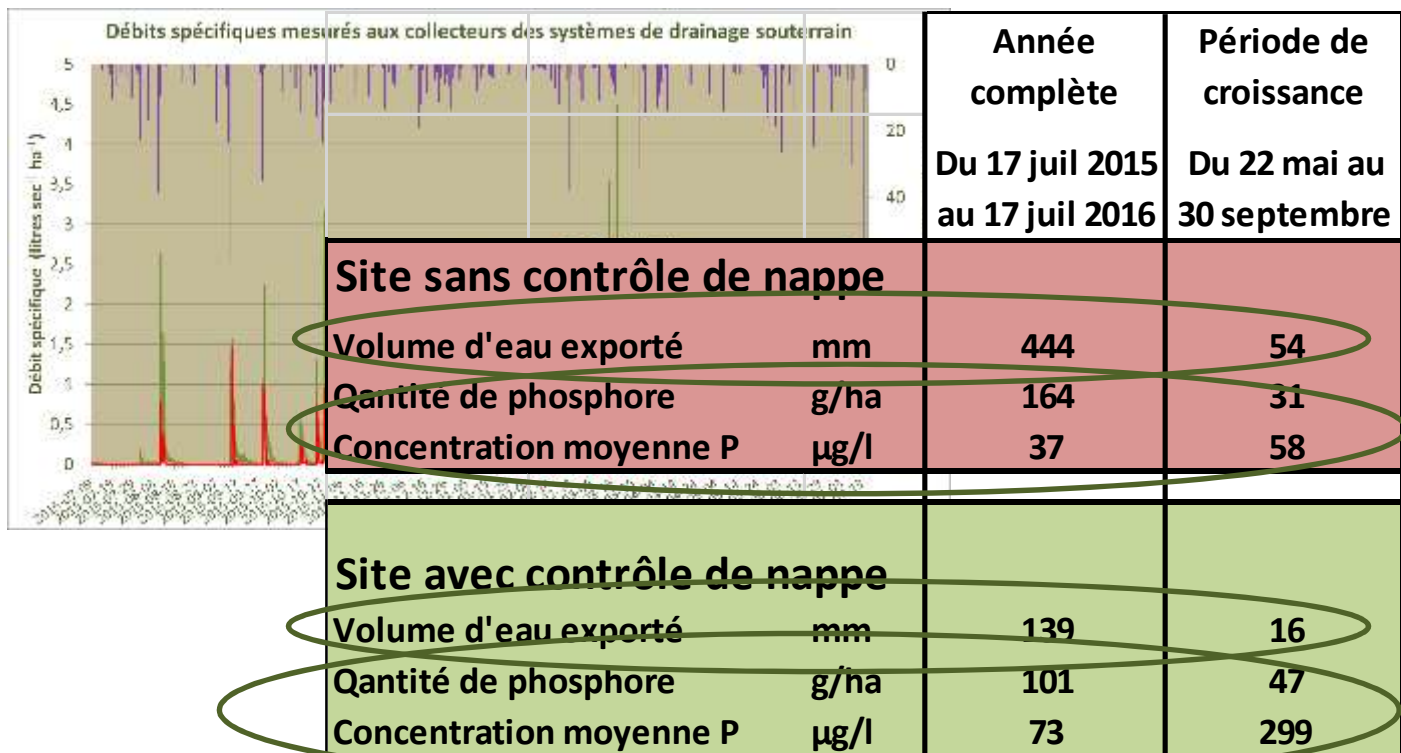
Effets des changements climatiques sur les déficits hydriques

Enjeux et adaptation: Le drainage contrôlé



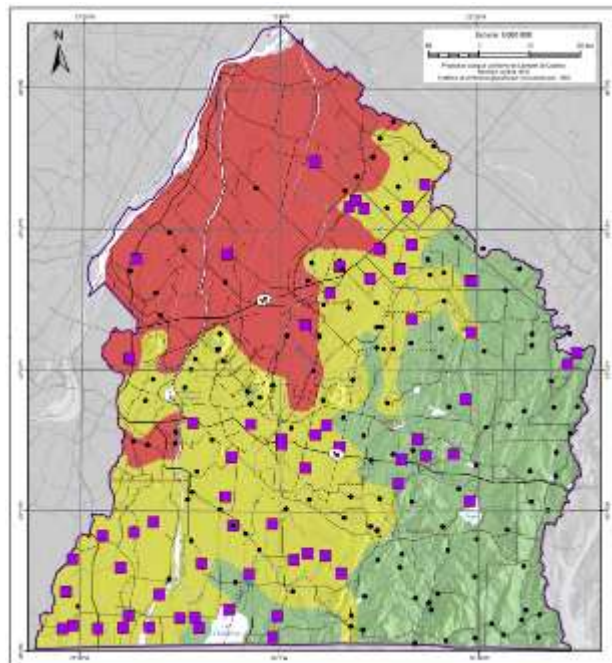
Effets des changements climatiques sur les déficits hydriques

Enjeux et adaptation: Le drainage contrôlé

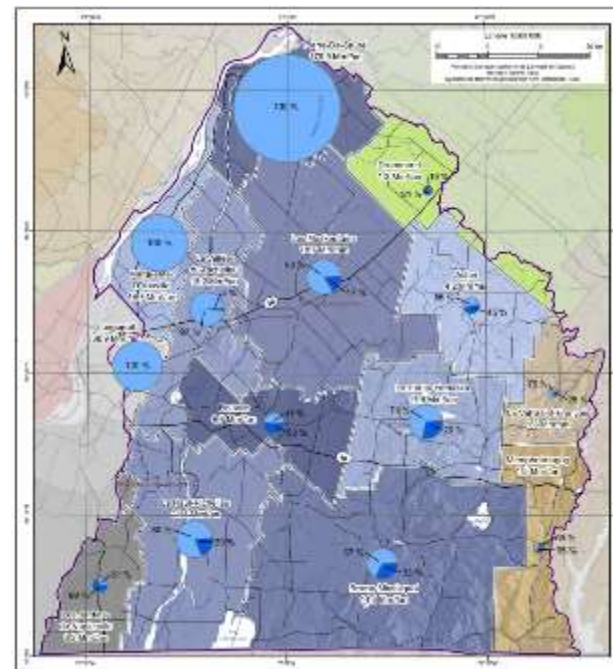


Effets des changements climatiques sur les déficits hydriques Enjeux et adaptation: Disponibilité de l'eau pour l'usage agricole

Dureté de l'eau souterraine
Montérégie-Est



Utilisation totale d'eau par MRC
Surface vs Souterraine



Utilisation totale d'eau par MRC

- Utilisation de l'eau de surface
- Utilisation de l'eau souterraine

PACES Montérégie Est
(Lefebvre et col., 2013)

Effets des changements climatiques sur les déficits hydriques

Enjeux et adaptation: Disponibilité de l'eau pour l'usage agricole

**Tronçon 236
Rivière Yamaska**



Projet RADEAU: Recherche participative d'Alternatives Durables pour la gestion de l'EAU en milieu agricole dans un contexte de changement climatique.

	Débit historique 1971-2000	Débit futur prédit 2041-2071
Centile	m ³ /sec	m ³ /sec
D10	8.3	7.2
D50	28	24

Distribution des débits du mois de juillet Tronçon 236 du bassin versant de la Yamaska

(Source: Atlas hydro-climatique du Québec.CEHQ, 2015)

Secteur	Débit nécessaire (m ³ /s)
Résidentiel	0.15
Industries, commerces et institutions	1.55

Besoins du secteur résidentiel et industriel en 2015 (excluant les besoins agricoles et les pertes du réseau)

(Source: MDDELCC, 2015)

GRUPE
AGÉCO

irda INSTITUT DE RECHERCHE
ET DE DÉVELOPPEMENT
DE L'AGRICULTURE VERTE

environnement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques
Québec

Agence d'Application
Canada

**PRIME-
VERT**

CHANGEMENTS CLIMATIQUES
RÉFLEXIONS ET ACTIONS AGRONOMIQUES

CONGRÈS 2016 | 15-16 SEPTEMBRE

Les enjeux de la gestion de l'eau en climat futur

Conclusion

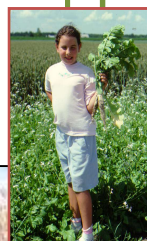
Gérer les redoux hivernaux:

- Critères de conception des ouvrages hydrauliques
- Aménagement intégré et durable des terres et des cours d'eau



Profiter des Printemps hâtifs et humides:

- Préserver la condition physique des sols
- Adapter les pratiques de fertilisation



Gérer les déficits hydriques

- Préserver les milieux humides
- Irrigation sur mesure: propriétés des sols (RFU) et distribution des précipitations
- Tirer profit du drainage contrôlé sans contaminer l'eau de surface
- Assurer la cohabitation en matière d'usages de l'eau

