



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada

Canada



Impact des changements climatiques sur la contamination de l'eau de ruissellement par les pesticides en vergers

P. Gagnon¹, C. Sheedy¹, A.N. Rousseau², G. Bourgeois¹, G. Chouinard³, P. Lafrance²

¹Agriculture et Agroalimentaire Canada

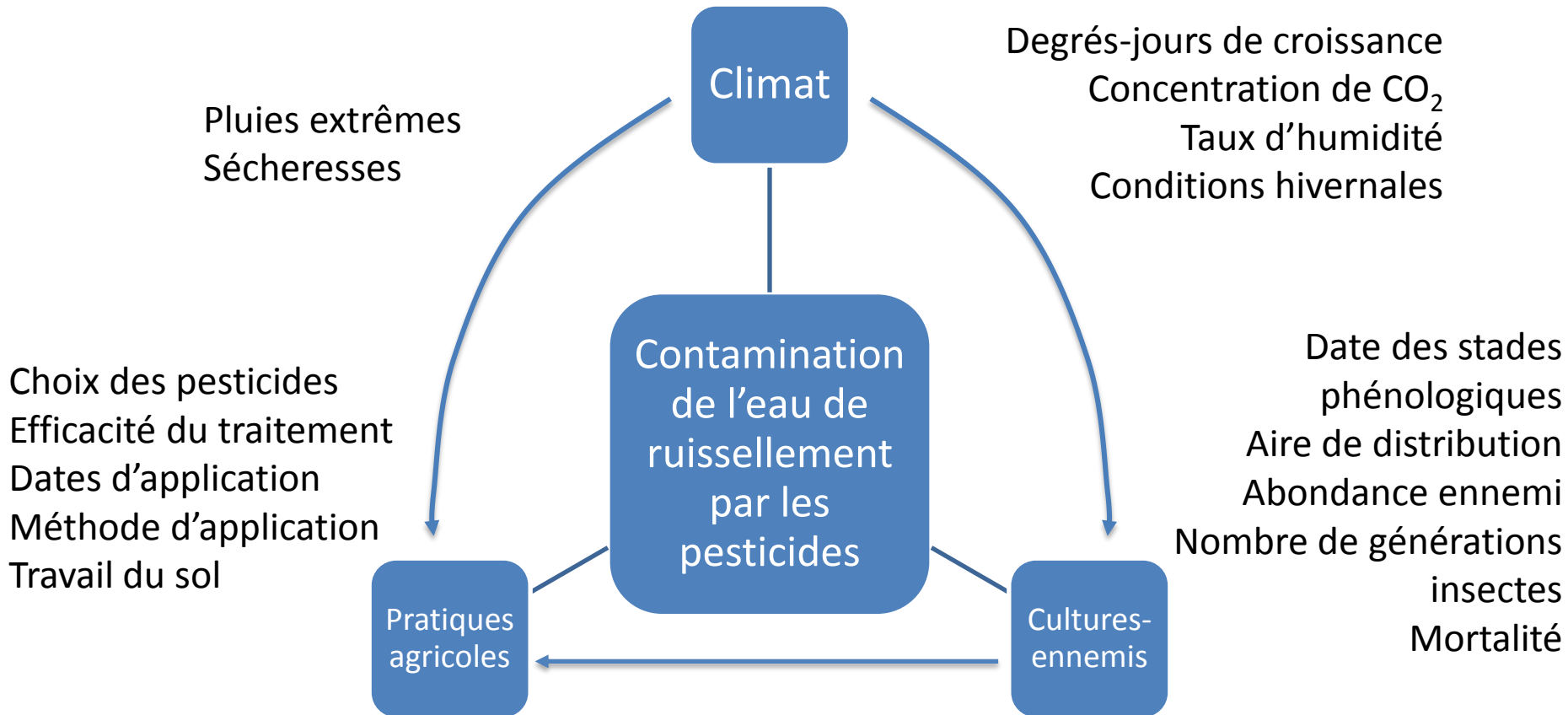
²Institut National de la Recherche Scientifique, Centre Eau Terre Environnement

³Institut de Recherche et de Développement en Agroenvironnement

23es Journées annuelles sur la recherche et l'innovation technologique du
Réseau-pommier

Orford, le vendredi 6 février 2015

Contexte



Contexte

Sud du Québec, Horizon 2050 :

↑ Max annuel (Mailhot *et al.*, 2012)
≈ Débits 2 et 20 ans (CEHQ, 2013)

Pluies extrêmes?
Sécheresses

GIEC (2007, 2013)
Degrés-jours de croissance
Concentration de CO₂
Taux d'humidité
Conditions hivernales

Choix des pesticides
Efficacité du traitement
Dates d'application
Méthode d'application
Travail du sol

Pratiques agricoles

Changements climatiques (CC)

Contamination
de l'eau de
ruissellement
par les
pesticides

Cultures-enne-
mis

Date des stades
phénologiques
Aire de distribution
Abondance ennemi
**Nombre de générations
insectes**
Mortalité

Devancement pour :
Tavelure du pommier, feu bactérien et
carpocapse de la pomme (Bourgeois *et al.*, 2004; Hirschi *et al.*, 2012)

↑ Pour le carpocapse de la pomme (Luedeling *et al.*, 2011; Juszczak *et al.*, 2013)

Objectif ultime

Prédire l'impact des CC sur l'évolution de la contamination de l'eau par les produits phytosanitaires

Difficultés :

- Interactions climat-culture-ennemi complexes et spécifiques
- Impact des CC varie selon l'endroit et l'horizon temporel (2030, 2050, 2070, ...)
- Incertitude sur le climat futur
- Technologie disponible (ingrédients actifs, biologique, ...) dans le futur?

Objectif du projet

Prédire l'impact des CC sur l'évolution de la contamination de l'eau de ruissellement de surface par les produits phytosanitaires pour la période 1981-2040 pour les ennemis suivants :

- Trois insectes :
 - Charançon de la prune (*Conotrachelus nenuphar*)
 - Mouche de la pomme (*Rhagoletis pomonella*)
 - Carpocapse de la pomme (*Cydia pomonella*)
- Deux maladies :
 - Feu bactérien (*Erwinia amylovora*)
 - Tavelure du pommier (*Venturia inaequalis*)

Méthodologie

Climat

Données journalières (Tmin, Tmax, Pcp)
1981-2040 de 23 simulations climatiques
Mises à l'échelle sur 9 vergers

Légende :

● Sites retenus (9 sites)

★ Vous êtes ici

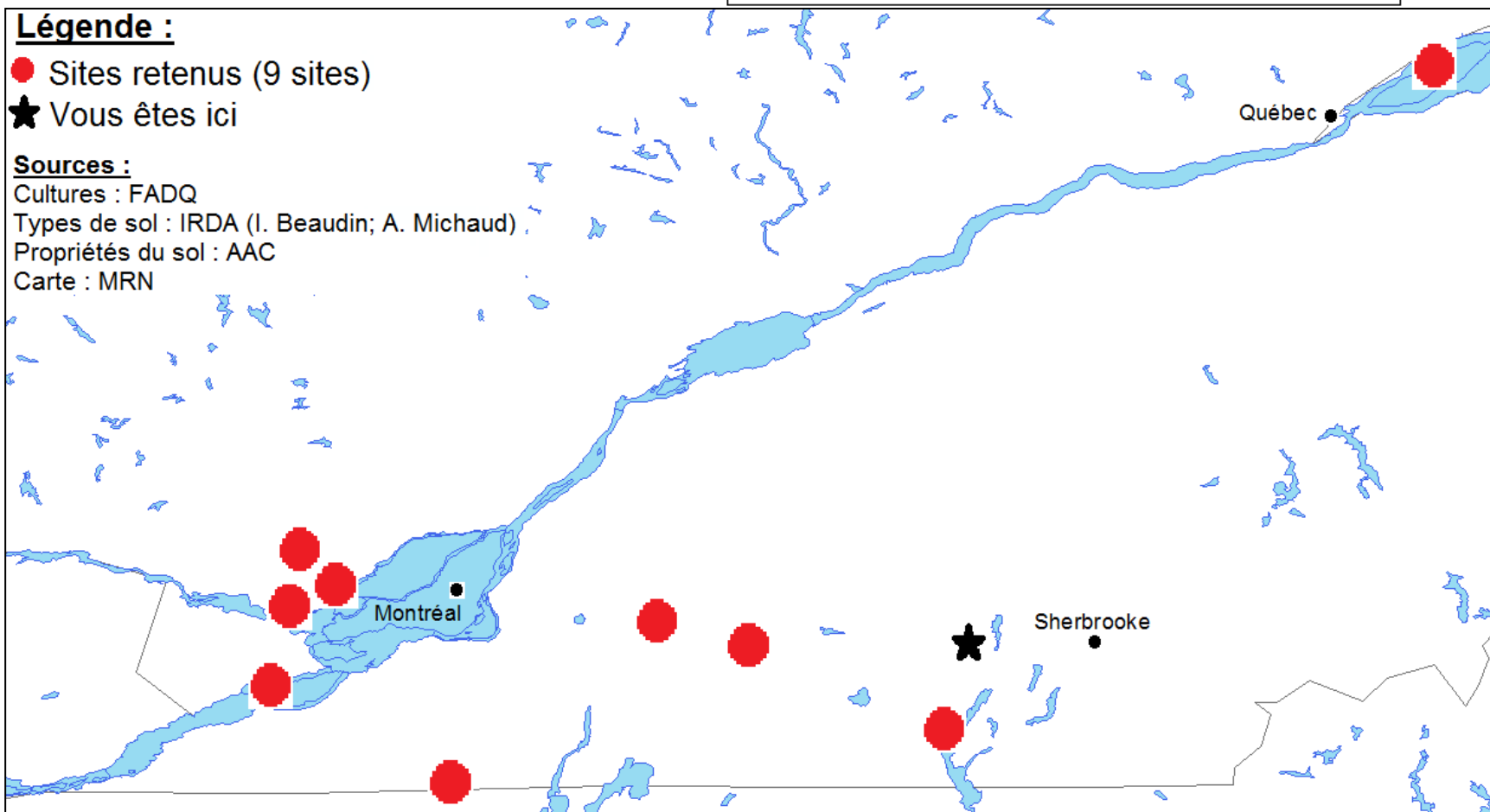
Sources :

Cultures : FADQ

Types de sol : IRDA (I. Beaudin; A. Michaud)

Propriétés du sol : AAC

Carte : MRN



Méthodologie

Ingrédients actifs

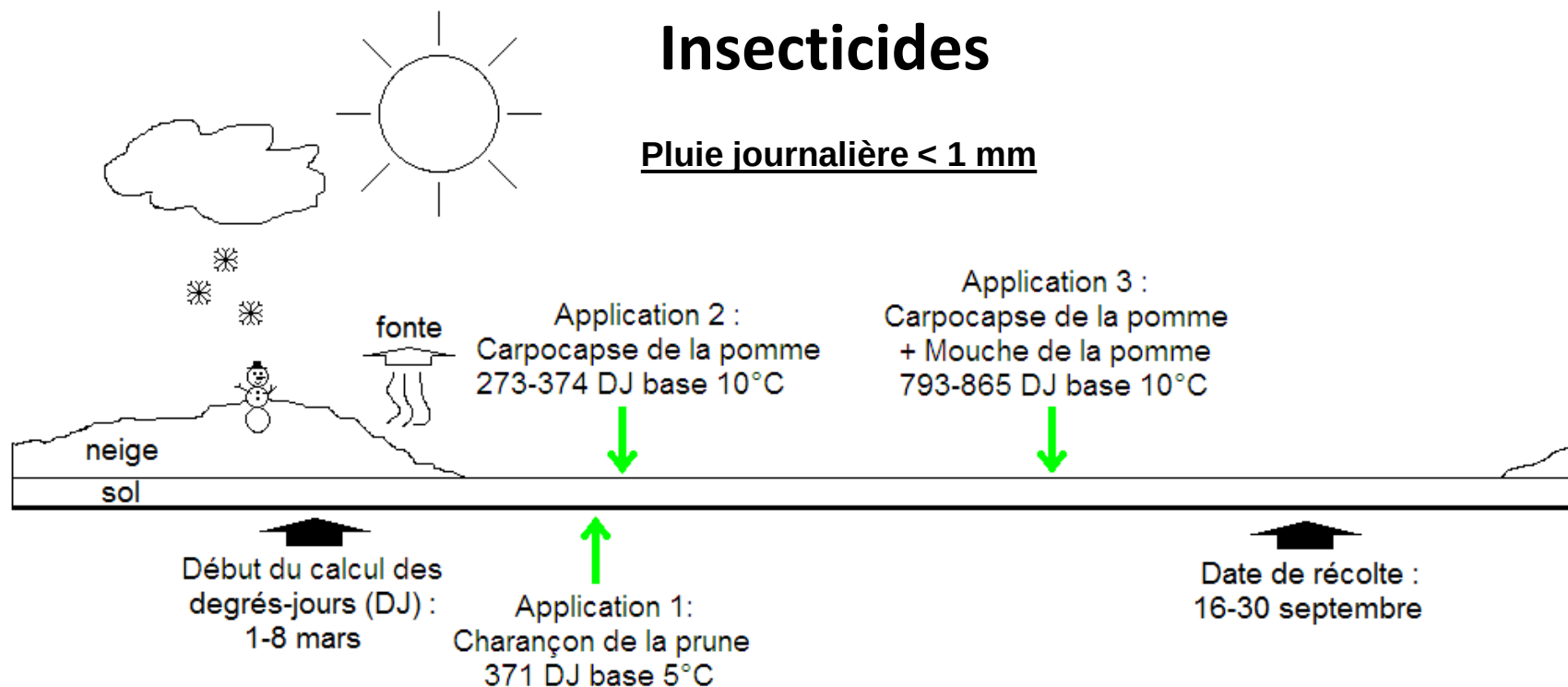
Sélection : SAgE pesticide

Climat

Données journalières (Tmin, Tmax, Pcp)

Insecticides

Pluie journalière < 1 mm



Sources : CIPRA - Guide de l'utilisateur

Ingrédients actifs : Phosmet, Thiaclopride,
Spinétorame, Acétamipride

Méthodologie

Ingrédients actifs

Climat

Fongicides contre la tavelure (Type I)

On applique au jour j si :

Traitement précédent (jour d) plus efficace :

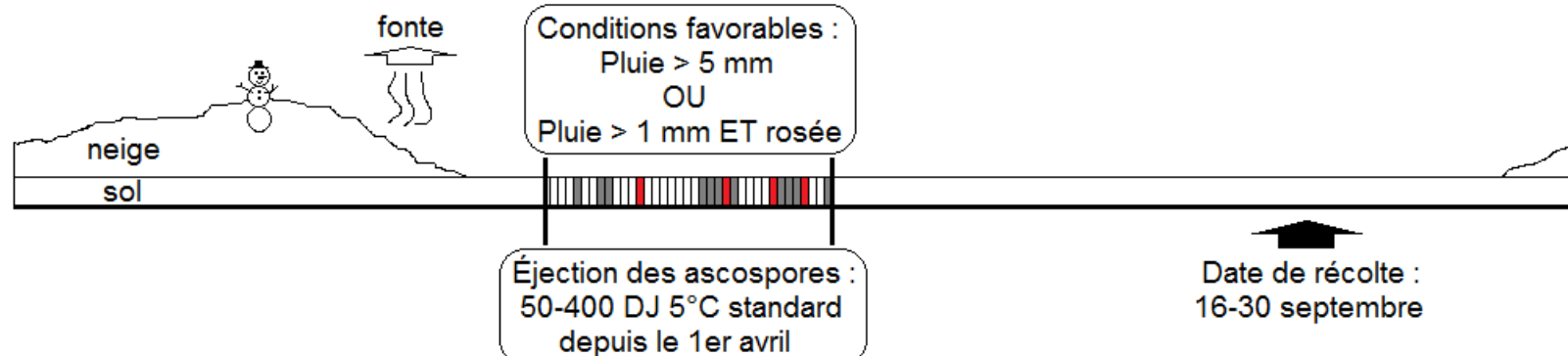
Pluie entre $d+2$ et $j+1 > 25$ mm

OU

$j - d > 10$

OU

5 nouvelles feuilles depuis $d+1$



Sources : AAC, Roland Joannin (Agropomme; comm. pers.)
OMAFRA, Vincent Philion (IRDA; comm. pers.)

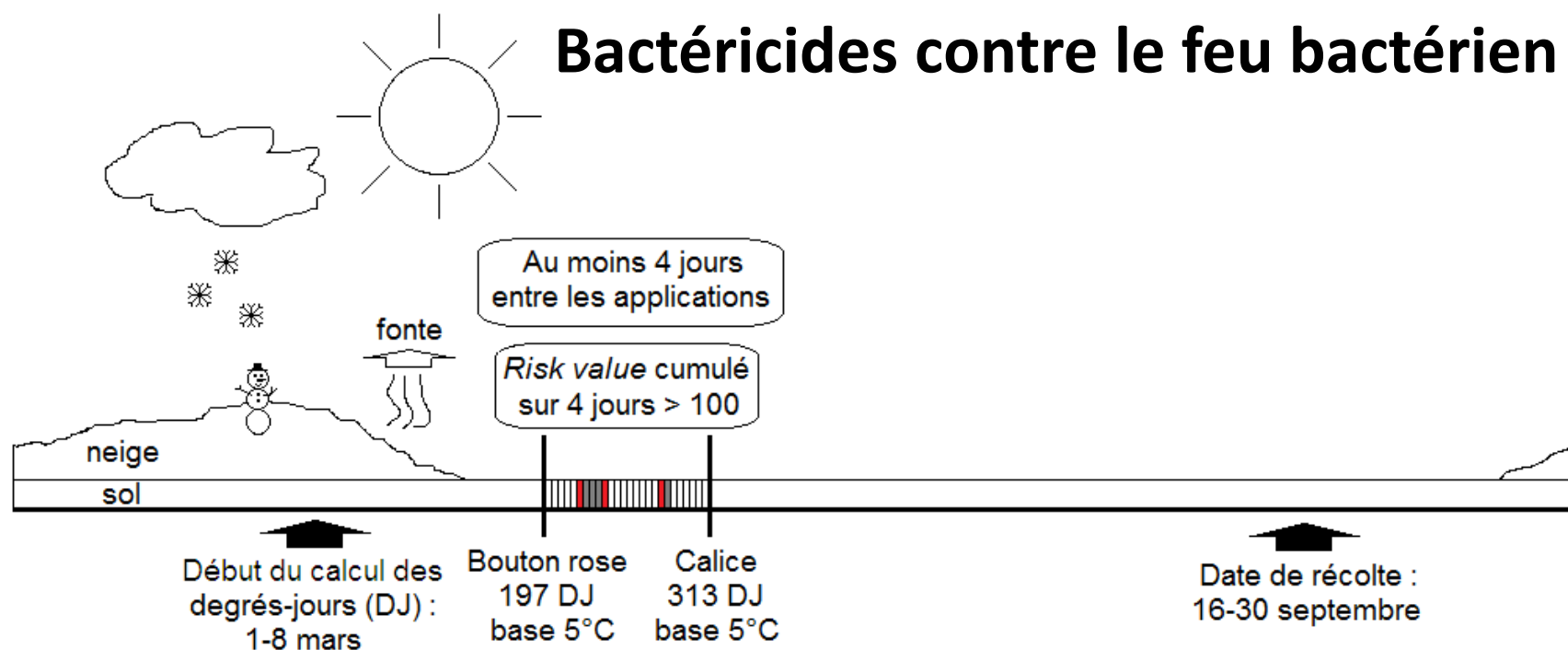
Ingrédients actifs :
Captane, Mancozèbe, Métiram

Méthodologie

Ingrédients actifs

Climat

Bactéricides contre le feu bactérien



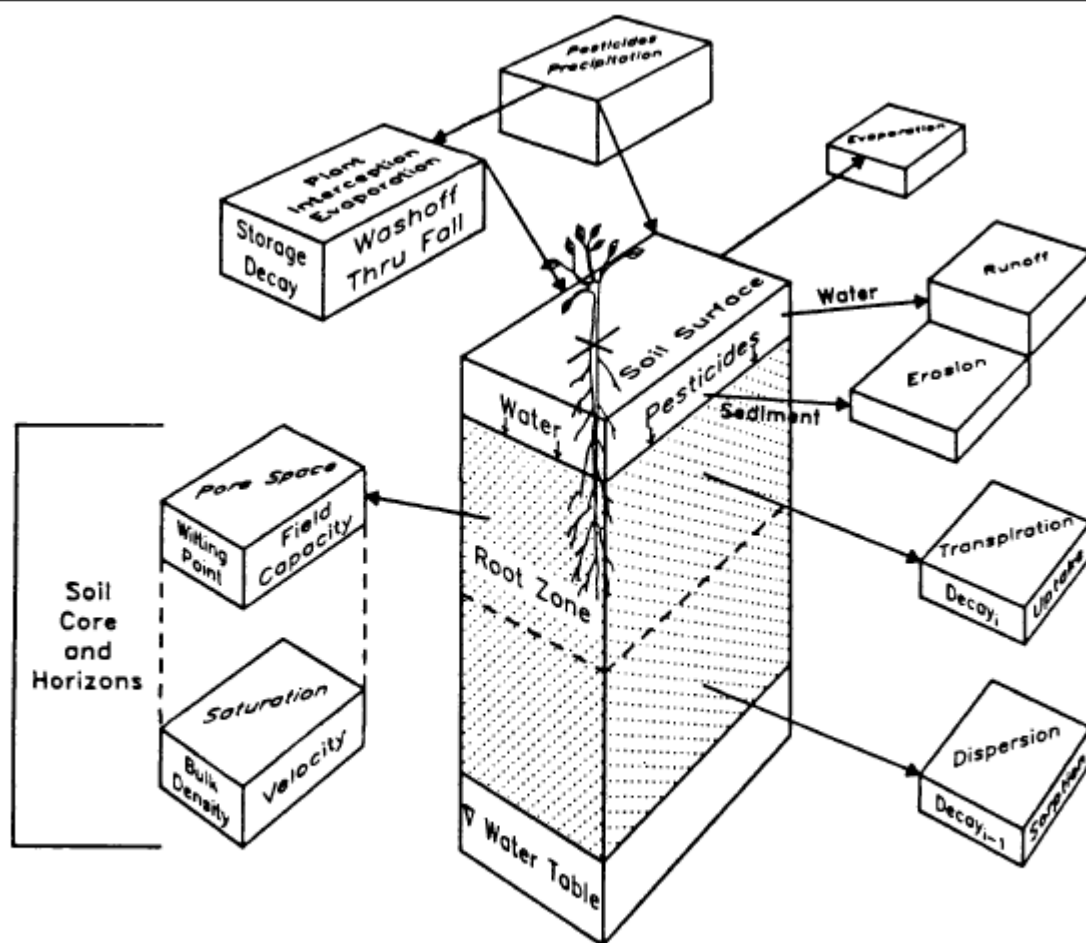
Sources : OMAFRA, van der Zwet *et al.* (1990), Smith (1999, 2010)
R. Joannin (Agropomme, comm. pers.), V. Phillon (IRDA, comm. pers.)

Ingrédient actif : Sulfate de streptomycine

Méthodologie

Ingrédients

Sélection : SAgE
+ avis
Propriétés : FOO
(U. Hertfordshire)



ax, Pcp)
natiques
ers

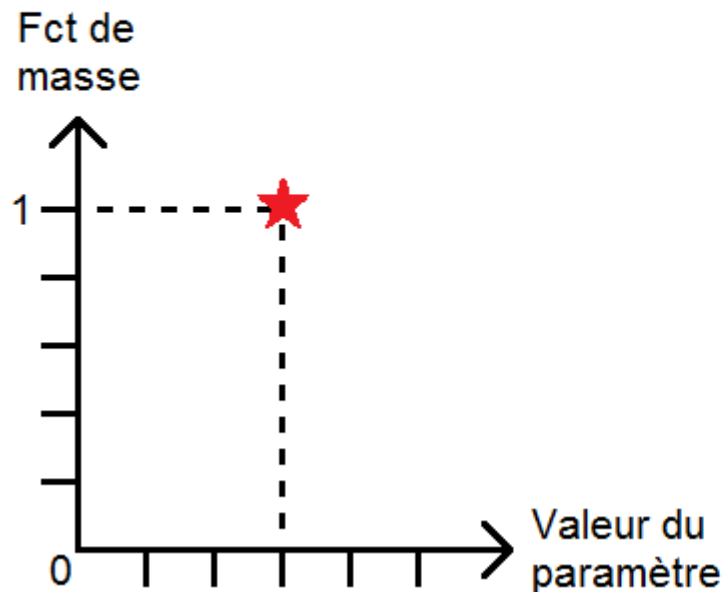
hénologie
mier/ennemis
ioclimatique CIPRA
ffe et al., 2014)

Figure 6.1 du manuel d'utilisateur (Suarez, 2005)

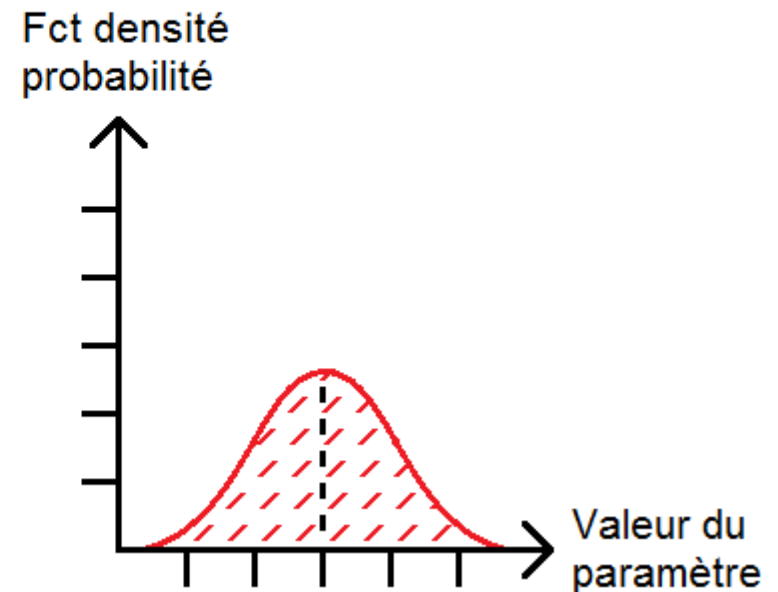
Méthodologie

Climat

Approche déterministe

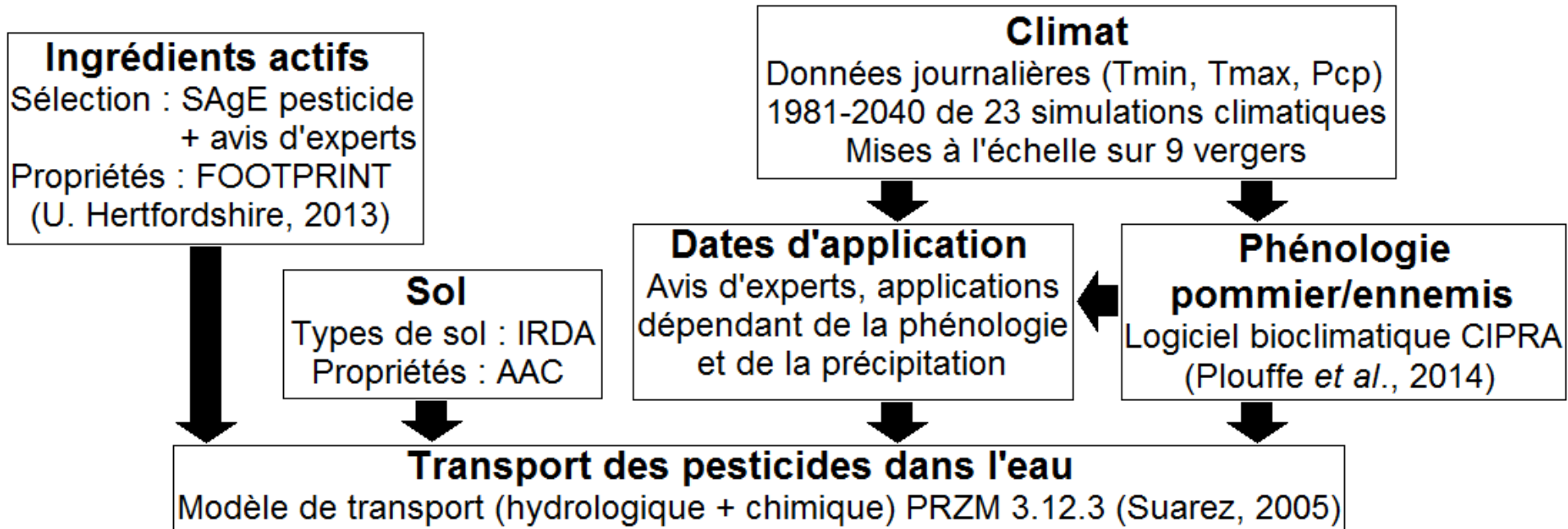


Approche probabiliste



100 réalisations Monte-Carlo par combinaison site x simulation climatique x ingrédient actif

Méthodologie

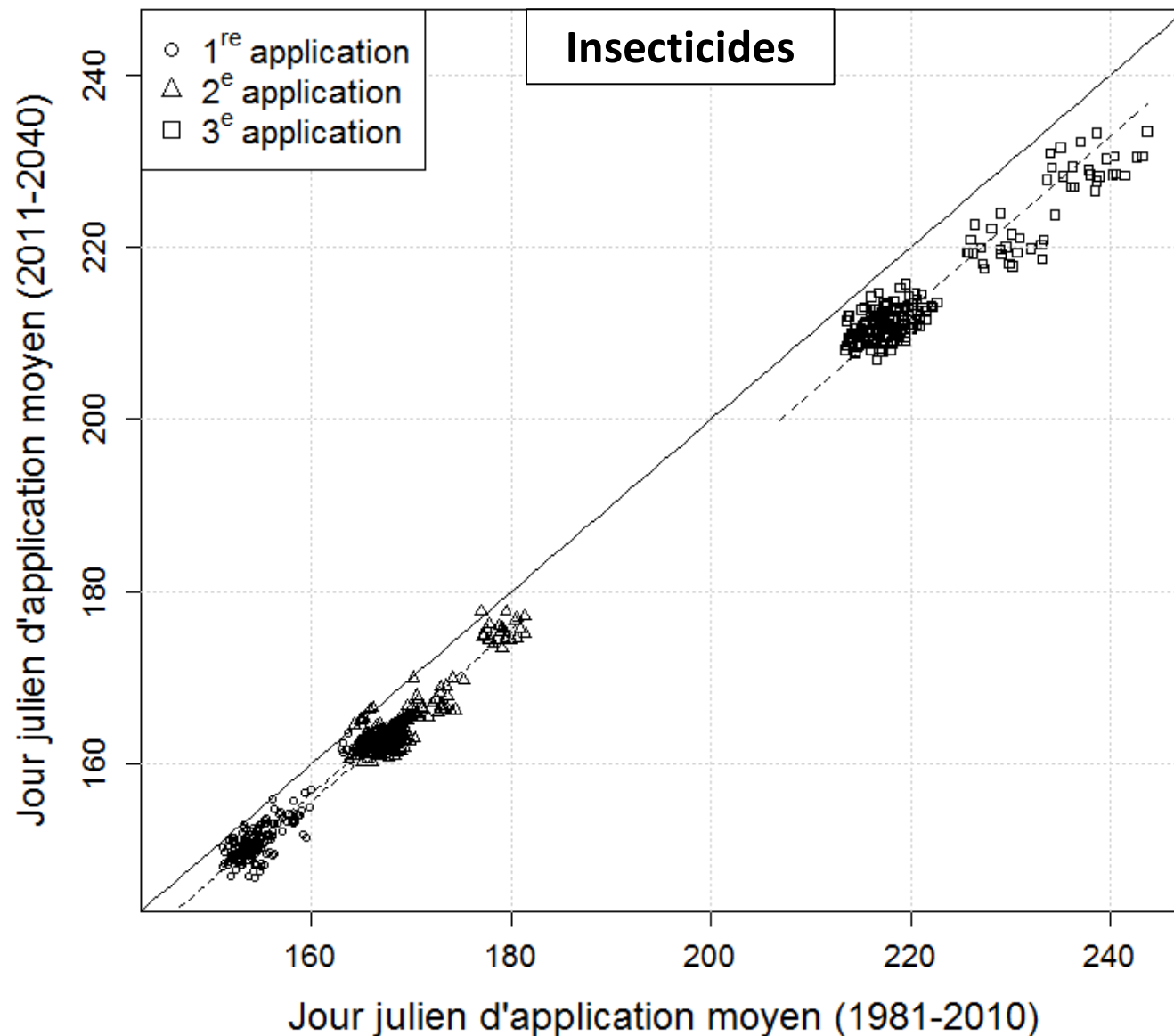


Résultats

Impact des CC sur :

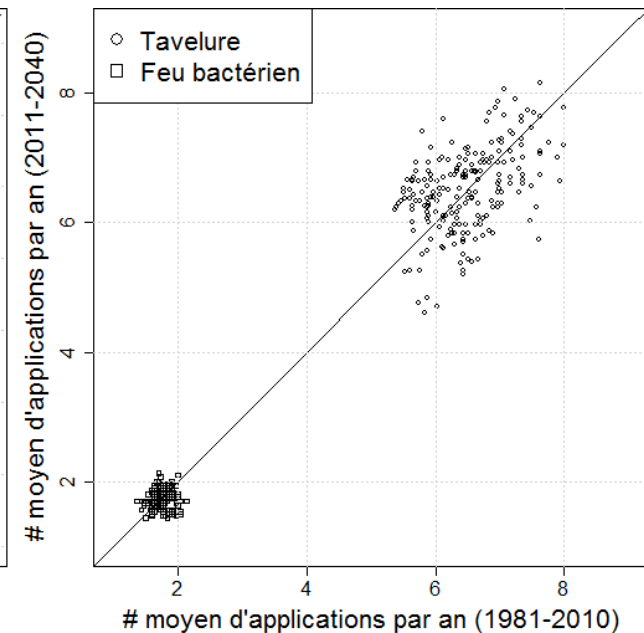
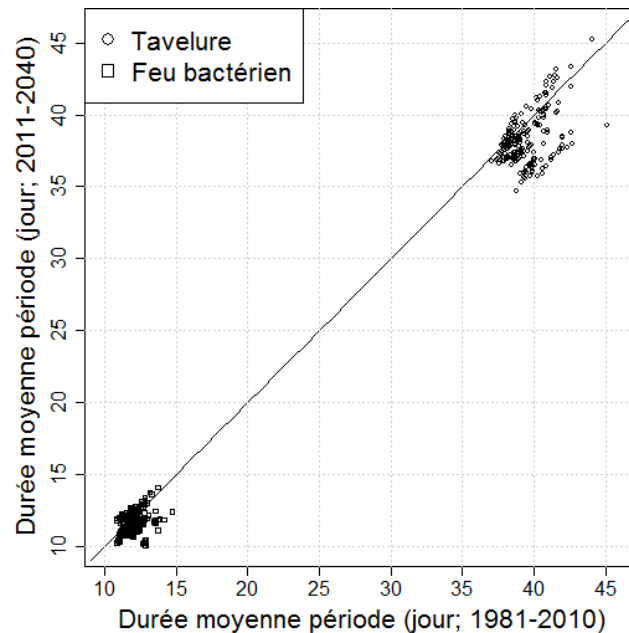
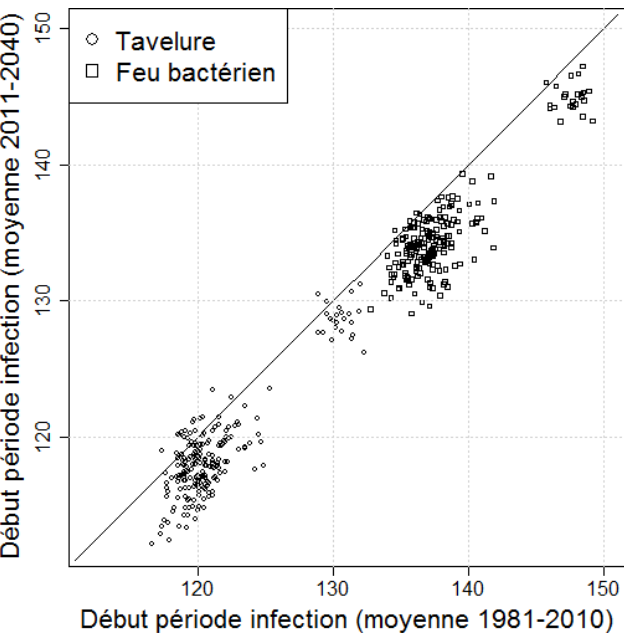
- Dates d'applications insecticides
- Dates et nombre d'applications contre les maladies
- Pluies journalières maximales durant les fenêtres d'application
- Charges de pesticides transportées

Résultats : Dates d'applications

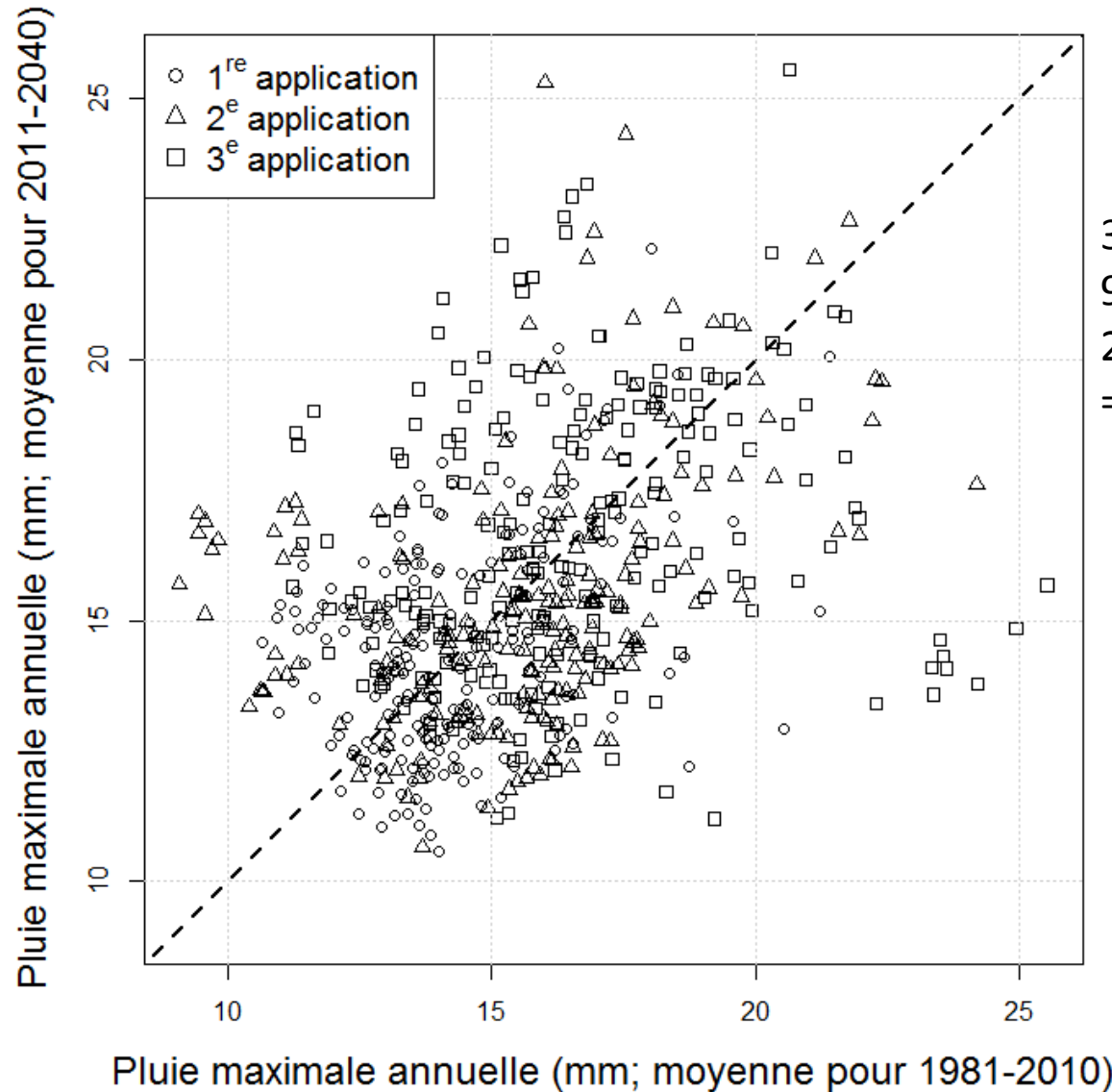


Résultats : Dates/nombre d'applications

Fongicides/Bactéricides

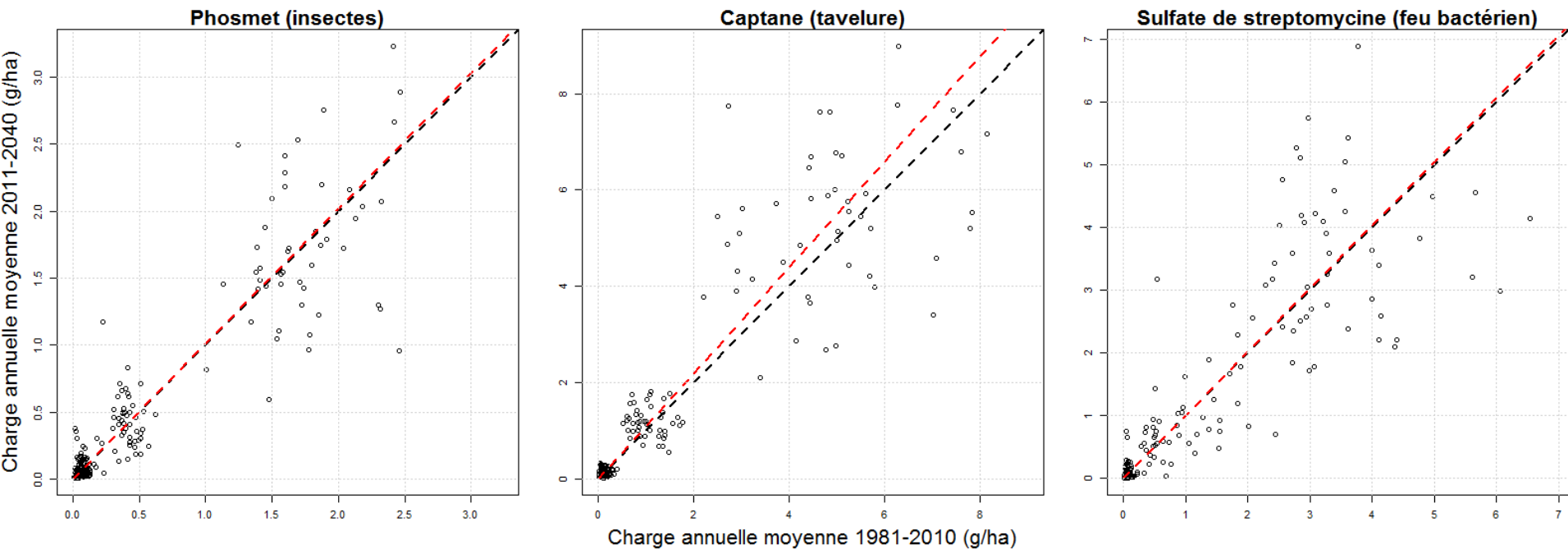


Résultats : Pluies maximales journalières



3 applications x
9 sites x
23 sim. climatiques
= 621 comparaisons

Résultats : Pesticides transportés



9 sites x 23 sim. Climatiques = 207 comparaisons / ingrédient actif

Résumé des constats

- Impact des CC sur les dates d'application : Devancement variant de 2 à 8 jours en moyenne sur 30 ans (1981-2010 vs 2011-2040)
- Impact des CC sur le nombre d'applications non significatif
- Impact des CC sur les pluies maximales non significatif :
 - Grande variabilité « naturelle » des extrêmes
 - Période relativement courte (1981-2040)
- Impact des CC sur la charge de pesticides transportés non significatif :
 - Grande variabilité entre les simulations climatiques (pluie maximale)
 - Tavelure : augmentation de 10 % en moyenne, mais non significative

Recommandations

- Pratique :
 - Attention particulière aux traitements contre la tavelure du pommier
 - Éviter l'application avant une pluie forte : Valide aussi dans un contexte de CC
- Recherche :
 - Reprendre la méthodologie développée pour d'autres ennemis : en particulier, maladies ou insectes avec nouvelles générations possibles
 - Mieux comprendre l'interaction entre le climat et certains facteurs importants : notamment l'abondance de l'ennemi et la dégradation des ingrédients actifs

Défis : autres recherches futures

Autres éléments à considérer :

- Autres ennemis problématiques au Québec pour les cultures considérées
- Toxicité des adjuvants et métabolites
- Impact du climat sur les propriétés des ingrédients actifs
- Impact du climat sur les taux d'application
- Arrivée potentielle de nouveaux cultivars et/ou produits phytosanitaires
- Impact des CC sur :
 - Arrivée de nouveaux ennemis
 - Augmentation des superficies cultivées
 - Augmentation de la résistance
 - Conditions hivernales (survie des ennemis)
 - Proportion des événements de pluie sous forme convective

Remerciements



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada



- Collaborateurs

René Audet, AAC

Anne Blondlot, Ouranos

Blaise Gauvin St-Denis, Ouranos

Danielle Bernier, MAPAQ

Pierre-Antoine Thériault, MAPAQ

Marie-Hélène April, MAPAQ

Isabelle Giroux, MDDELCC

Jean-Thomas Denault, MDDELCC

Julie Corriveau, MDDELCC

- Données/informations pertinentes

Jean-François Martineau, FADQ

Roland Joannin, Agropomme

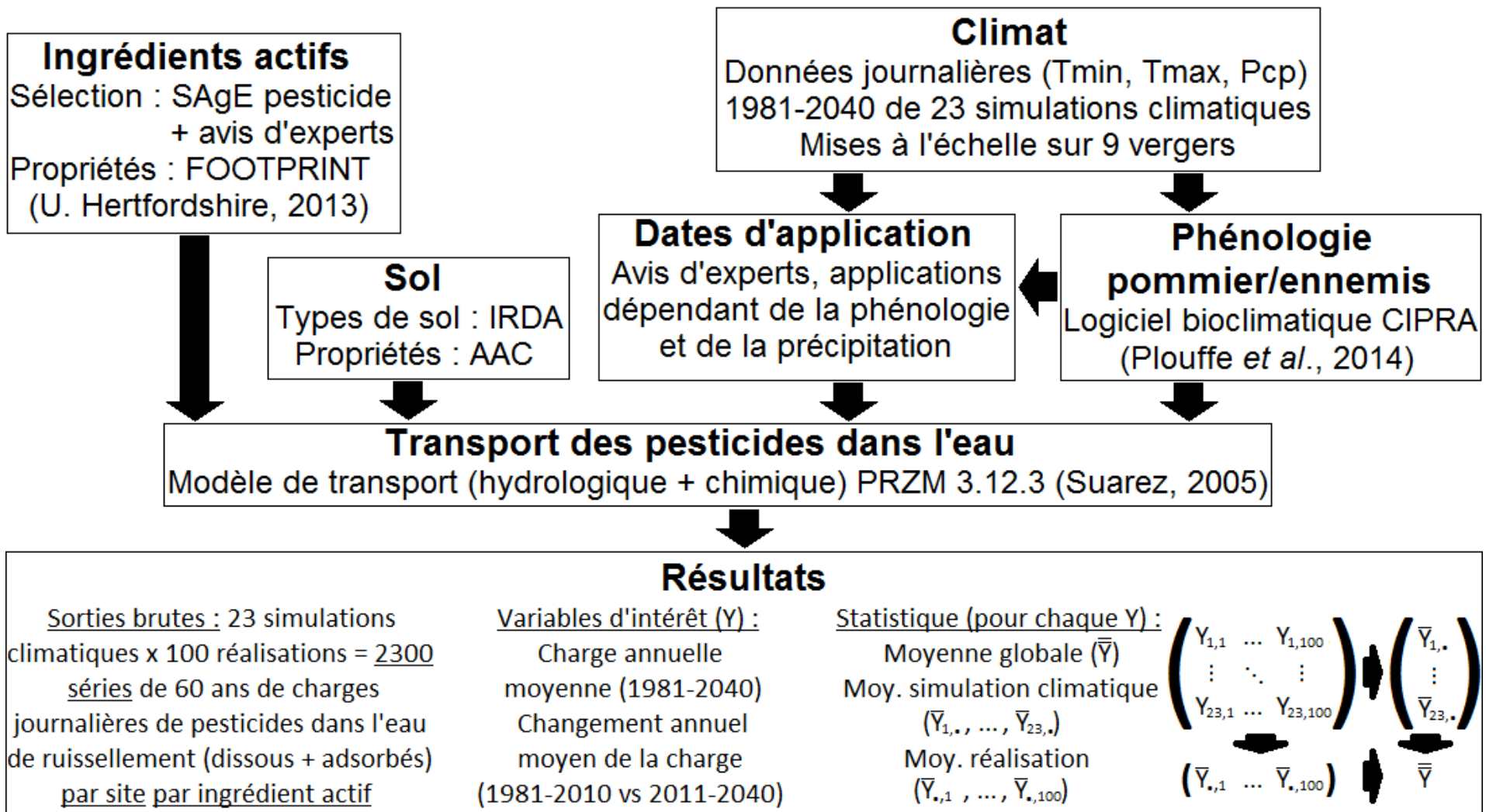
Isabelle Beaudin, IRDA

Vincent Pillion, IRDA

Références

- Baskerville GL, Emin P. 1969. Rapid estimation of heat accumulation from maximum and minimum temperatures. *Ecology* 50(3): 514-517.
- Bourgeois G, Bourque A, Deaudelin G. 2004. Modelling the impact of climate change on disease incidence: a bioclimatic challenge. *Can J Plant Pathol* 26: 284-290.
- Carisse O, Jobin T. 2006. La tavelure du pommier : mieux comprendre pour mieux intervenir - Agriculture et Agroalimentaire Canada. [En ligne] www.agr.gc.ca/fra/science-et-innovation/publications-scientifiques-et-ressources/fiches-techniques/la-tavelure-du-pommier-mieux-comprendre-pour-mieux-intervenir (consulté le 13 février 2014).
- CEHQ. 2013. Atlas hydroclimatique du Québec méridional – Impact des changements climatiques sur les régimes de crue, d’étéage et d’hydraulicité à l’horizon 2050. Québec (QC), 2013, 51 p.
- GIEC. 2007. Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d’évaluation du Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et A. Reisinger]. GIEC, Genève, Suisse, 103 pages.
- GIEC. 2013. Summary for Policymakers. Dans Stocker *et al.* (éds) : Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 27 pages.
- Hirschi M, Stoeckli S, Dubrovsky M, Spirig C, Calanca P, Rotach MW, Fischer AM, Duffy B, Samietz J. 2012. Downscaling climate change scenarios for apple pest and disease modeling in Switzerland. *Earth Sys Dynam* 3: 33-47.
- Juszczak R, Kuchar L, Leśny J, Olejnik J. 2013. Climate change impact on development rates of the codling moth (*Cydia pomonella* L.) in the Wielkopolska region, Poland. *Int J Biometeo* 57: 31-44.
- Luedeling E, Steinmann KP, Zhang M, Brown PH, Grant J, Girevetz EH. 2011. Climate change effects on walnut pests in California. *Glob Change Biol* 17: 228-238.
- Mailhot A, Bearegard I, Talbot G, Caya D, Biner S. 2012. Future changes in intense precipitation over Canada assessed from multi-model NARCCAP ensemble simulations. *Int J Climatol*, 32(8): 1151-1163.
- OMAFRA, 2011. La tavelure du pommier. [En ligne] <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/apscab.htm> (consulté le 22 mai 2014)
- Plouffe D, Bourgeois G, Beaudry N, Chouinard G, Choquette D. 2014. CIPRA - Centre Informatique de Prévision des Ravageurs en Agriculture. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Publication No. 12147F. 138 p. [En ligne] http://www.agrireseau.qc.ca/documents/Document_88744.PDF (consulté le 28 novembre 2014).
- SAG pesticides. 2014. SAG pesticides - Utilisation rationnelle des produits et traitements phytosanitaires contre ravageurs. [En ligne] <http://www.sagepesticides.qc.ca/> (consulté le 17 février 2014).
- Smith, TJ. 1999. Report on the development and use of CougarBlight 98C - A situation-specific fire blight risk assessment model for apple and pear. *Acta Hort.*, 489: 429-436.
- Smith TJ. 2010. CougarBlight 2010. Washington State University Extension. [En ligne]. http://county.wsu.edu/chelandouglas/agriculture/treefruit/Pages/Cougar_Blight_2010.aspx (consulté le 13 février 2014).
- Suarez, LA. 2005. PRZM-3, A model for predicting pesticide and nitrogen fate in the crop root and unsaturated soil zones: User’s manual for release 3.12.2. EPA/600/R-05/111. Athens (GA), USA: USEPA, National Exposure Research Laboratory, Ecosystems Research Division. [En ligne] <http://www.epa.gov/athens/publications/reports/Suarez600R05111PRZM3.pdf> (consulté le 16 avril 2012).
- Université d’Hertfordshire. 2013. The Pesticide Properties DataBase (PPDB) developed by the Agriculture & Environment Research Unit (AERU), University of Hertfordshire, funded by UK national sources and through EU-funded projects, 2006-2013. [En ligne] <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/index.htm> (consulté le 20 février 2014).
- Van der Zwet T, Lightner G, Walter J, Steiner P. 1990. Comparison of the Maryblyt predictive model with the billing revised system for blossom blight risk assessment in apple. *Acta Hort.*, 273: 171-183.

Annexe : Méthodologie complète



Annexe : Simulations climatiques

Modèle global	Modèle régional	Mise à l'échelle statistique	Scénarios GES ⁴
MCCG3 ¹ #4	MRCC version 4.2 (Caya et Laprise, 1999; Paquin, 2010); domaine AMNO		A2
MCCG3 #5			A2
ECHAM5 ² #1			A2
ECHAM5 #3			A2
MCCG3 #1	-	<u>Nom de la méthode :</u> <i>Daily translation</i> (Mpelasoka et Chiew, 2009) <u>Données observées de</u> <u>référence :</u> Grille météorologique à résolution 0,1°C de Ressources naturelles Canada (1961-2000; Hutchinson <i>et al.</i> , 2009; Hopkinson <i>et al.</i> , 2011)	A1B
MCCG3 #2			A1B
MCCG3 #3			A1B
MCCG3 #4			A1B
MCCG3 #5			A1B
MCCG3 #1			A2
MCCG3 #2			A2
MCCG3 #3			A2
MCCG3 #4			A2
MCCG3 #5			A2
MCCG3 #1			B1
MCCG3 #2			B1
MCCG3 #3			B1
MCCG3 #4			B1
MCCG3 #5			B1
Mk3.5 ³ #1			A1B
Mk3.5 #1			A2
Mk3.5 #1			B1
ECHAM5 #4			A1B

¹MCCG version 3 (Flato *et al.*, 2000; Scinocca *et al.*, 2008)

²ECHAM version 5 (Jungclaus *et al.*, 2006)

³Mk version 3.5 (Gordon *et al.*, 2002, 2010)

⁴(Nakicenovic et Swart, 2000)

Annexe: Références – Simulations climatiques

- Caya D, Laprise R. 1999. A semi-implicit semi-lagrangian Regional Climate Model: The Canadian RCM. *Mon Weather Rev* 127: 341-362.
- Flato GM, Boer GJ, Lee WG, McFarlane NA, Ramsden D, Reader MC, Weaver AJ. 2000. The Canadian Centre for Climate Modeling and Analysis Global Coupled Model and its Climate. *Clim Dynam* 16: 451-467.
- Gordon HB, Rotstayn LD, McGregor JL, Dix MR, Kowalczyk EA, O'Farrell SP, Waterman LJ, Hirst AC, Wilson SG, Collier MA, Watterson IG, Elliot TI. 2002. The CSIRO Mk3 Climate System Model. CSIRO Atmospheric Research Technical Paper No. 60.
- Gordon HB, O'Farrell SP, Collier MA, Dix MR, Rotstayn LD, Kowalczyk EA, Hirst T, Watterson IG. 2010. The CSIRO Mk3.5 Climate Model. Centre for Australian Weather and Climate Research Technical Report No. 021.
- Hopkinson RF, McKenney DW, Milewska EJ, Hutchinson MF, Papadopol P, Vincent LA. 2011. Impact of Aligning Climatological Day on Gridding Daily Maximum-Minimum Temperature and Precipitation over Canada. *J Appl Meteor and Climatol* 50: 1654-1665.
- Hutchinson MF, McKenney DW, Lawrence K, Pedlar JH, Hopkinson RF, Milewska EJ, Papadopol P. 2009. Development and Testing of Canada-Wide Interpolated Spatial Models of Daily Minimum-Maximum Temperature and Precipitation for 1961-2003. *J Appl Meteor and Climatol* 48: 725-741.
- Jungclaus JH, Botzet M, Haak H, Keenlyside N, Luo JJ, Latif M, Marotzke J, Mikolajewicz U, Roeckner E. 2006. Ocean circulation and tropical variability in the AOGCM ECHAM5/MPI-OM. *J Clim* 19(16): 3952-3972.
- Mpelasoka FS, Chiew FHS. 2009. Influence of Rainfall Scenario Construction Methods on Runoff Projections, *J Hydromet* 10: 1168-1183.
- Nakicenovic N, Swart R (eds.). 2000. IPCC special report on emissions scenarios: a special report of Working Group III of the IPCC. Cambridge, UK, 599 p.
- Paquin D. 2010. Évaluation du MRCC4 en passé récent (1961-1999). Rapport interne No 15: Ouranos, Équipe Simulations climatiques.
- Scinocca JF, McFarlane NA, Lazare M, Li J, Plummer D. 2008. Technical Note: The CCCma third generation AGCM and its extension into the middle atmosphere. *Atmos Chem Phys* 8: 7055-7074.