

Observation de la terre et déterminants de la santé reliés aux risques de maladies d'origine hydrique

Serge Olivier KOTCHI
Géographe médical
serge-olivier.kotchi@phac-aspc.gc.ca



PROTÉGER LES CANADIENS CONTRE LES MALADIES



Agence de la santé
publique du Canada

Public Health
Agency of Canada

Canada

Sommaire

- Les déterminants de la santé au Canada;
- Le changement environnemental global et l'émergence des maladies de source hydrique;
- Surveillance de la qualité microbiologique des eaux récréatives et apport des images d'observation de la Terre;
- Évaluation de systèmes d'observation de la Terre pour l'estimation des déterminants environnementaux du risque de contamination des eaux récréatives dans le sud du Québec;
- Conclusions

Les déterminants de la santé au Canada

- Niveau de revenu et statut social;
- Réseaux de soutien social;
- Éducation;
- Emploi et conditions de travail;
- Environnements sociaux;
- Environnements physiques;
- Habitudes de santé et capacité d'adaptation personnelles;
- Développement de la petite enfance;
- Patrimoine biologique et génétique;
- Services de santé;
- Sexe;
- Culture.

Les déterminants de la santé au Canada

- **Les environnements physiques**

"À certains niveaux d'exposition, les contaminants présents dans l'air, l'eau, les aliments et le sol peuvent provoquer divers effets néfastes sur la santé parmi lesquels on peut citer les cancers, les malformations à la naissance, les maladies respiratoires et les malaises gastro-intestinaux." ASPC, 2014

"Dans le milieu bâti, les éléments qui concernent le logement, la qualité de l'air intérieur et la conception des agglomérations et des systèmes de transport peuvent influencer de façon marquée notre bien-être physique et psychologique." ASPC, 2014

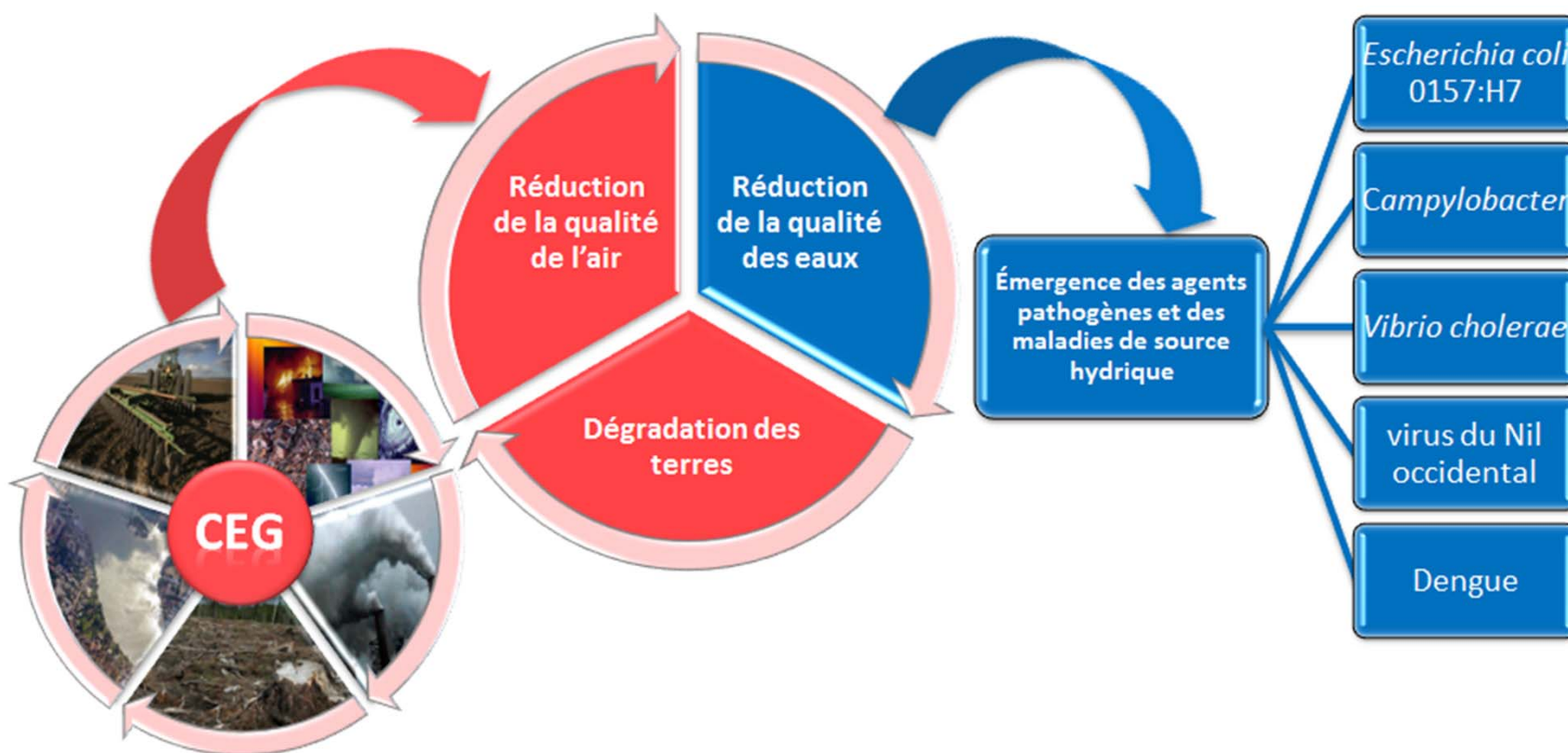
Les déterminants de la santé au Canada

- **Les environnements physiques**

"L'évaluation systématique des effets du milieu sur la santé est indispensable. La protection des milieux naturels et artificiels et la conservation des ressources naturelles doivent recevoir une attention majeure dans toute stratégie de promotion de la santé."

Charte d'Ottawa pour la promotion de la santé, 1986

Le changement environnemental global et l'émergence des maladies de source hydrique



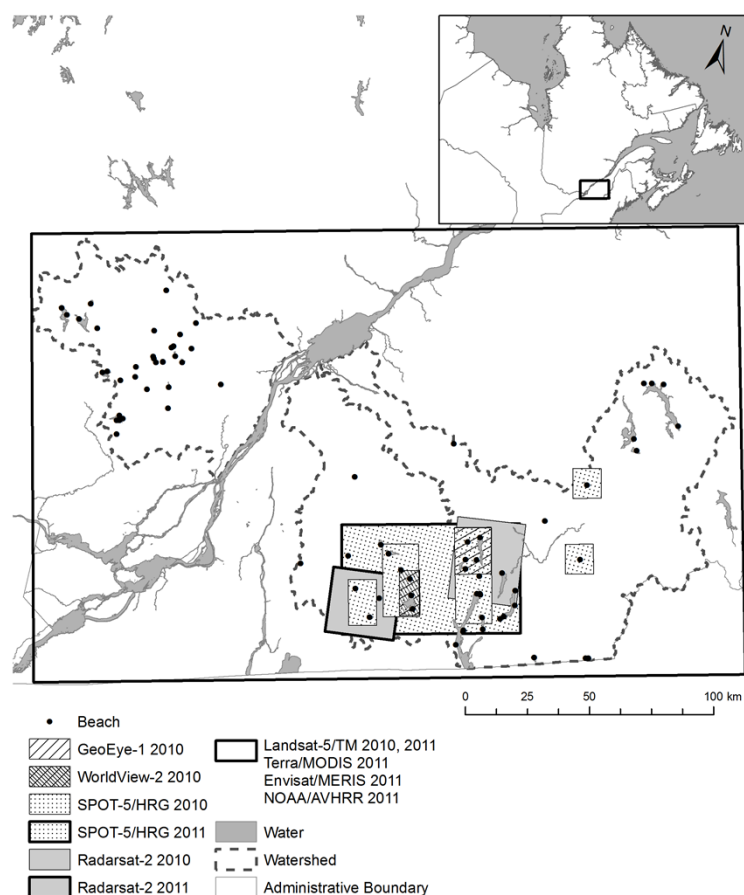
Surveillance de la qualité microbiologique des eaux récréatives et des images d'observation de la Terre

- Les indicateurs microbiens de la qualité des eaux (coliformes fécaux, entérocoques, *E.coli*, etc.) nécessitent la collecte d'échantillons d'eau, ainsi que du temps de culture et de quantification en laboratoire.
- Les concentrations des indicateurs microbiens peuvent changer rapidement et entraîner des erreurs de gestion à travers l'exposition du public à des concentrations plus élevées ou des fermetures de plages en dépit d'une qualité acceptable de l'eau.
- Les inspections sanitaires des plages sont assez précises et efficaces dans des situations de sources de contamination ponctuelle. Elles sont cependant moins efficace dans des situations de contamination diffuse.

Surveillance de la qualité microbiologique des eaux récréatives et des images d'observation de la Terre

- L'évaluation et le suivi de la qualité microbiologique des eaux de surface requièrent une approche systémique intégrant les indicateurs microbiens et les déterminants environnementaux (OMS, 2003).
- La télédétection offre un cadre systémique, intégré et standardisé pour caractériser à diverses échelles de temps et d'espace les paramètres de la qualité du plan d'eau ainsi que les déterminants environnementaux du bassin hydrologique qui peuvent favoriser un plus grand risque de contamination microbienne.

Évaluation de systèmes d'observation de la Terre pour l'estimation des déterminants environnementaux du risque de contamination des eaux récréatives dans le sud du Québec



- **Objectif:** Évaluer l'utilité et la valeur ajoutée des images d'observation de la Terre comme composante dans la surveillance et la gestion des risques microbiens associés aux eaux récréatives.
- **Population et région d'étude:** 78 plages du sud du Québec, réparties dans les bassins versants des rivières L'Assomption, Yamaska et Saint-François.

Les systèmes d'observation de la Terre en évaluation



WorldView-2

- Panchromatic: 0.46 meters GSD at nadir; Multispectral: 1.84 meters GSD at nadir
- Coastal: 400 - 450 nm; Red: 630 - 690 nm; Blue: 450 - 510 nm; Red Edge: 705 - 745 nm; Green: 510 - 580 nm; Near-IR1: 770 - 895 nm; Yellow: 585 - 625 nm; Near-IR2: 860 - 1040 nm
- Revisit Frequency : 1.1 days



GeoEye-1

- Panchromatic: 0.41 meter at nadir; Multispectral: 1.65 meters at nadir
- Blue: 450-520 nm; Green: 520-600 nm; Red: 625-695 nm; Near IR: 760-900 nm
- Revisit Frequency : Less than 3 days



SPOT-5

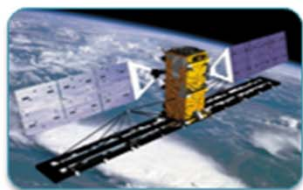
- Panchromatic: 5 meter at nadir; Multispectral: 10 meters at nadir; SWI: 20 m
- Green: 500-590 nm; Red: 610-680 nm; Near IR: 780-890 nm; Shortwave IR: 1,580-1,750 nm
- Revisit Frequency : 2-3 days



Landsat 5

- Ground Sampling Interval (pixel size): 30 m reflective, 120 m thermal
- Visible (0.45 – 0.52 μm); Visible (0.52 – 0.60 μm); Visible (0.63 – 0.69 μm); Near-Infrared (0.76 – 0.90 μm); Near-Infrared (1.55 – 1.75 μm); Thermal (10.40 – 12.50 μm); Mid-Infrared (2.08 – 2.35 μm)
- Revisit Frequency : 16 days

Les systèmes d'observation de la Terre en évaluation



RADARSAT-2

- Ultra-Fine Beam 3 metre resolution
- Multi-Polarization (HH, HV, VH & VV)
- C-Band, S-Band, X-Band



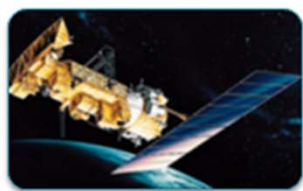
MERIS

- Bands 1-15: 300 m at nadir
- 15 bands, from 390 nm to 1040 nm
- Revisit Frequency : 3 days



MODIS

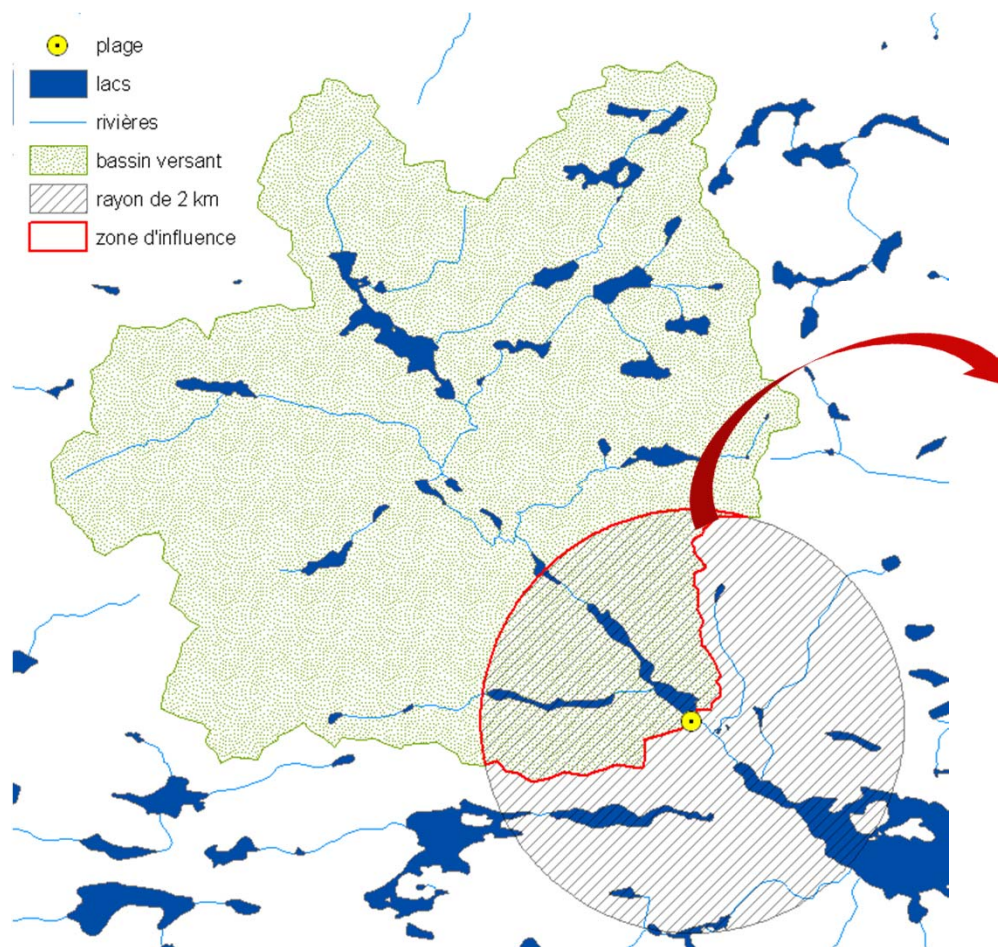
- Bands 1-2: 250 m; Bands 3-7: 500 m; Bands 8-36: 1000 m
- 36 bands, from 405 nm to 14 385 nm
- Revisit Frequency : Less than 3 days



AVHRR

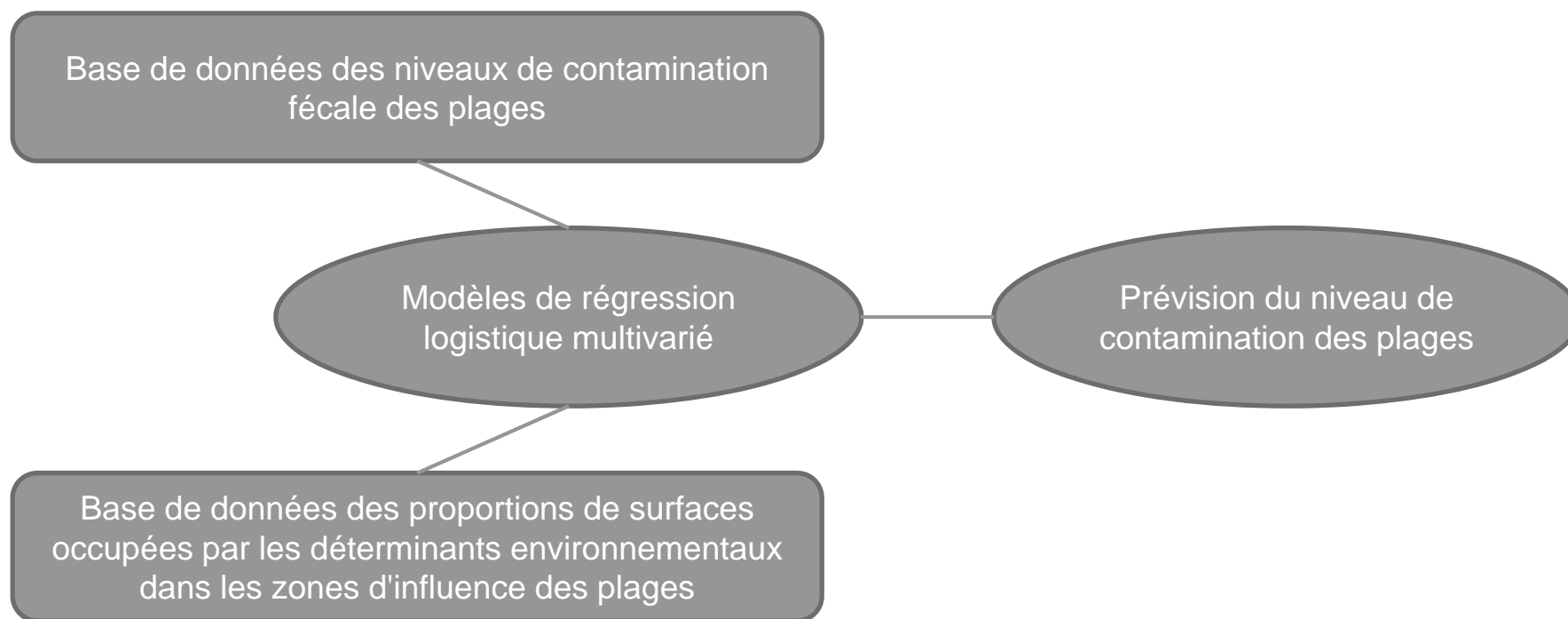
- Multispectral: 1100 m
- Visible: 580-680 nm; NIR: 725-1100 nm; SWIR (band 3A): 1580-1640 nm; MWIR (band 3B): 3550-3930 nm; Thermal (band T4): 10300-11300 nm; Thermal (band T5): 11500-12500 nm
- Revisit Frequency : 1 days

Estimation des déterminants environnementaux



- % Surfaces agricoles;
- % Eaux de surface;
- % Couverture forestière;
- % Surfaces imperméables;
- % Milieux humides.

Évaluation de la relation entre la contamination microbienne des plages et les déterminants environnementaux



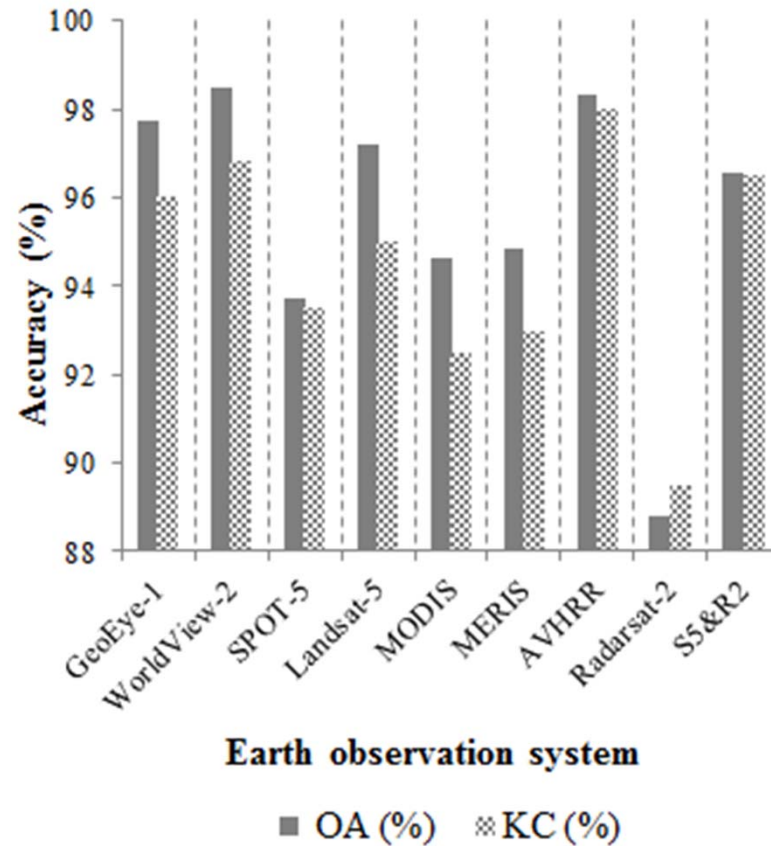
Critères d'évaluation des Systèmes d'observation de la Terre

- Performance des capteurs dans les modèles statistiques établissant la relation entre les déterminants environnementaux et les niveaux de contamination;
- Précision des images classifiées;
- Capacité des capteurs à détecter les déterminants environnementaux dans la zone d'influence des plages;
- Corrélation entre les déterminants environnementaux estimés par les capteurs dans la zone d'influence des plage et les déterminants estimés à l'aide des données de référence;

Critères d'évaluation des Systèmes d'observation de la Terre

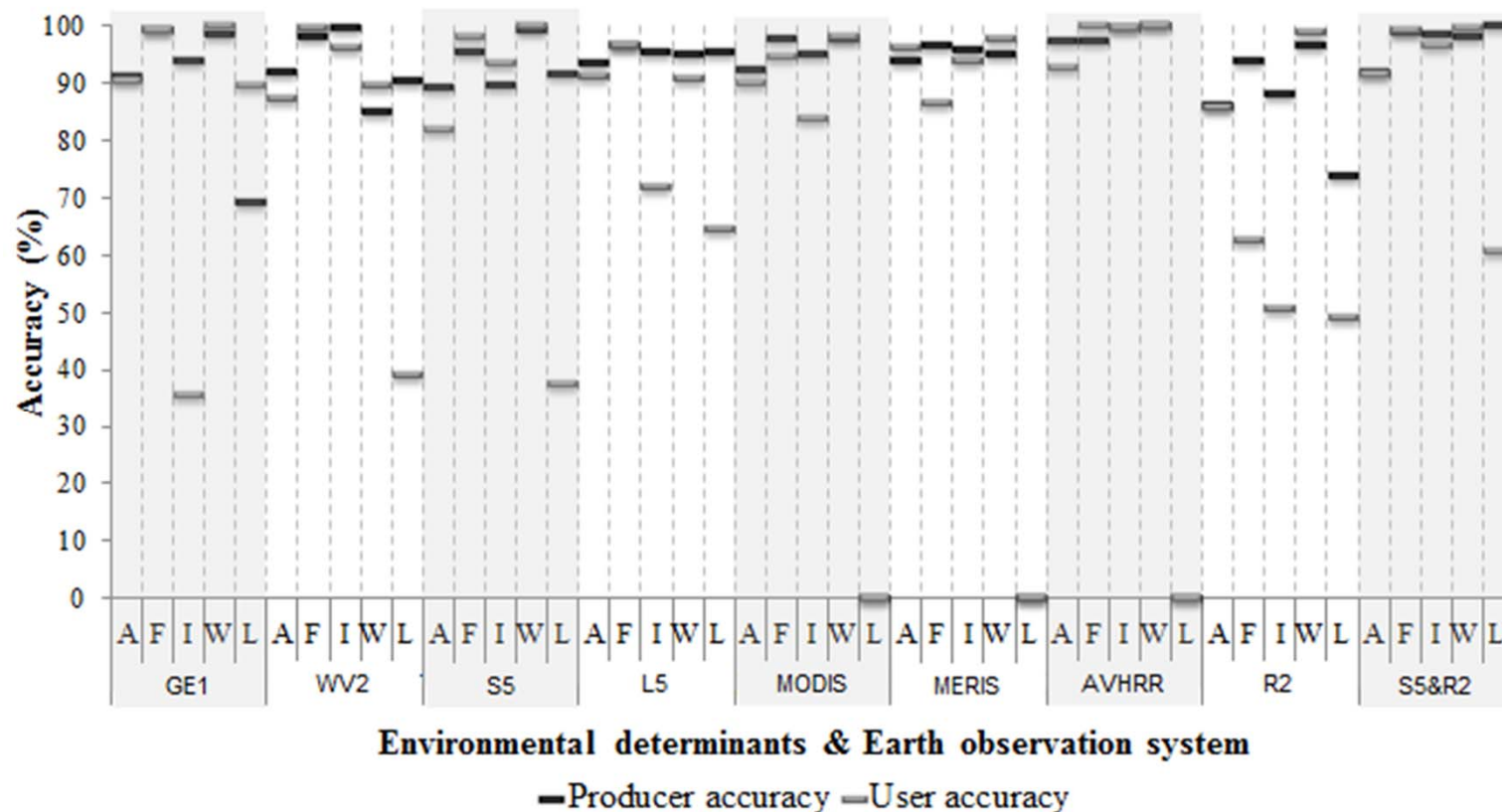
- Critères généraux d'accessibilité:
 - » Coût des images;
 - » Taille de la scène d'image;
 - » Temps de revisite du satellite;
 - » Heures de travail;
 - » Expertise et matériel requis pour le traitement des images.

Précision d'estimation des déterminants environnementaux



S5&R2 = Multisensor images from SPOT-5 and Radarsat-2, **OA** = Overall Accuracy, **KC** = Kappa Coefficient

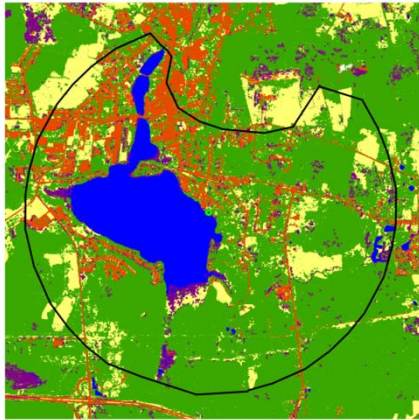
Précision d'estimation des déterminants environnementaux



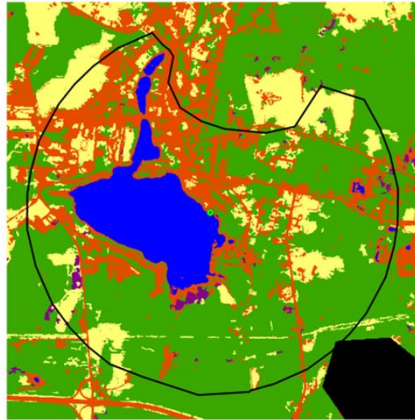
A = Agricultural land, **F** = Forest, **I** = Impervious surface, **W** = Water, **L** = Wetland, **GE1** = GeoEye-1, **WV2** = WorldView-2, **S5** = SPOT-5, **L5** = Landsat-5, **R2** = Radarsat-2, **S5&R2** = Multisensor images from SPOT-5 and Radarsat-2

Détection des déterminants environnementaux dans la zone d'influence des plages

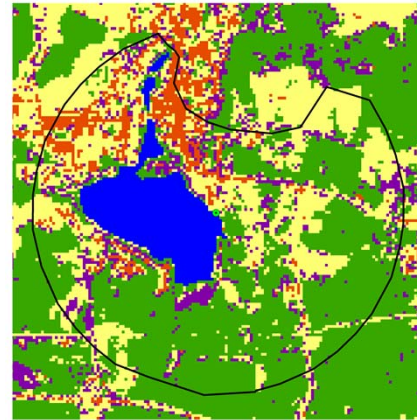
WorldView-2 (1.84 m)



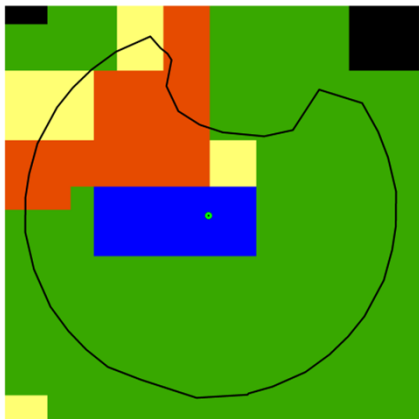
SPOT-5 (10 m)



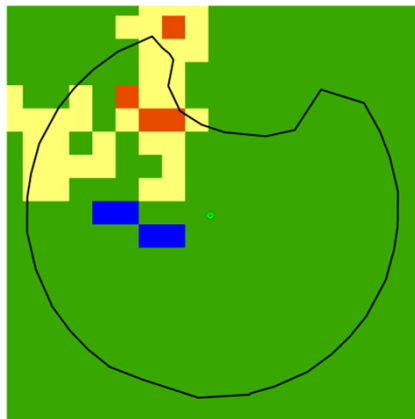
Landsat-5 (30 m)



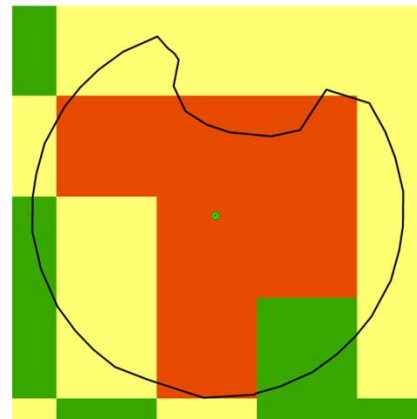
MERIS (300 m)



MODIS (500 m)



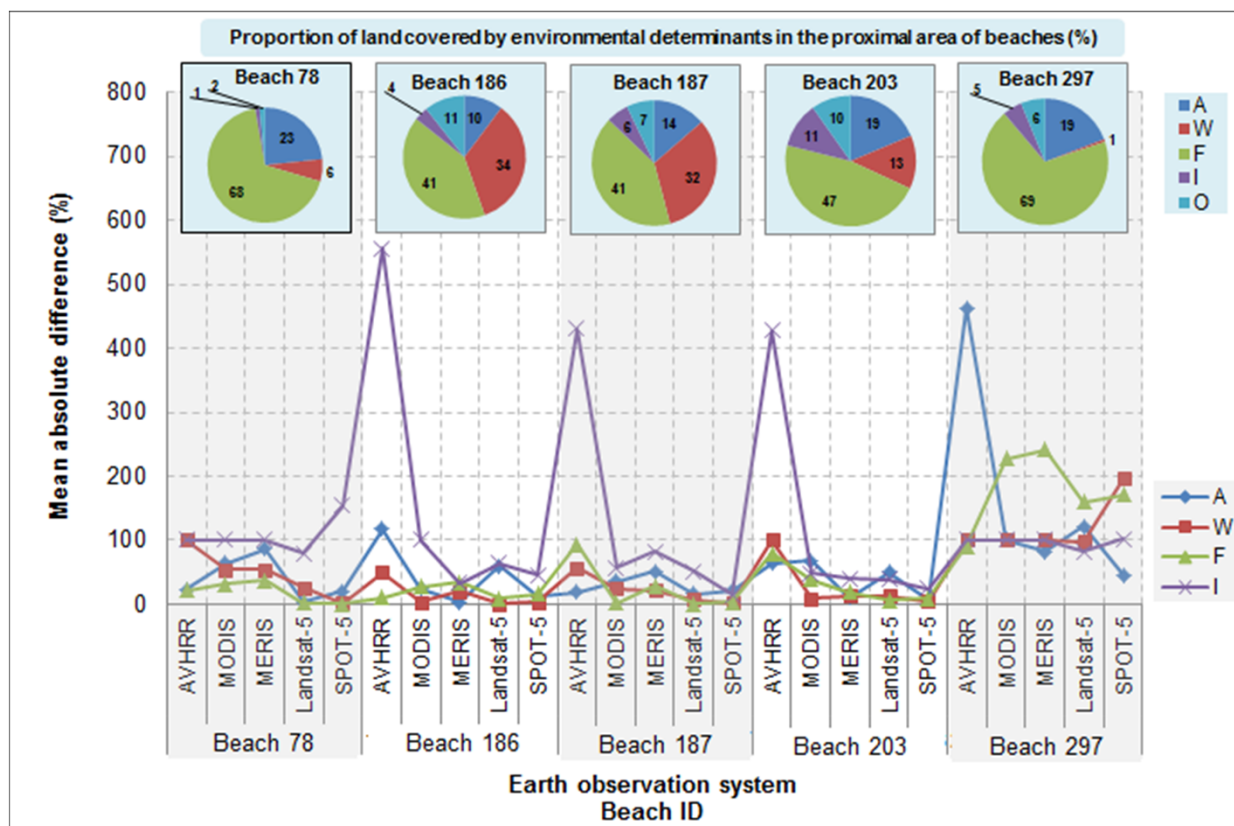
AVHRR (1100 m)



Legend

- ! Beach
 - Area of influence
 - Water
 - Agriculture
 - Forest
 - Wetland
 - Unclassified
 - Impervious Surface
- 0 1 2
km

Détection des déterminants environnementaux dans la zone d'influence des plages



A= Agricultural land, **F** = Forest, **I** = Impervious surface, **W** = Water, **O** = Other

Relation entre les niveaux de contamination fécale des plages et les proportions de surfaces occupées par les déterminants environnementaux dans la zone d'influence

EOS (year)	NoB	SSV	OR	AURC
SPOT-5 (2010)	19	% AL	3.4 (0.3;40.6)	0.64
		% IS	1.9 (0.2;15.7)	
SPOT-5 (2011)	22	% AL	1.1 (0.1;8.8)	0.71
		% IS	8.4 (0.8;136.3)	
Landsat-5 (2010)	78	% AL	4.9 (1.2;21.1)	0.78
		% IS	4.9 (1.2;21.1)	
Landsat-5 (2011)	71	% AL	6.3 (1.7;22.6)	0.76
		% IS	3.1 (0.9;10.7)	
MODIS (2011)	78	% AL	6.6 (2.0;21.8)	0.76
		% IS	3.4 (1.1;10.8)	
MERIS (2011)	67	% AL	2.6 (0.7;10.4)	0.73
		% IS	5.7 (1.6;20.6)	
AVHRR (2011)	69	% AL	6.3 (2.1;18.9)	0.70

EOS = Earth observation system, **NoB** = number of beaches, **SSG** = Statistically significant variables, **OR** = Odds ratios, **AURC** = Area under the ROC curve, **% AL** = Percentage of agricultural lands in the area of influence, **% IS** = Percentage of impervious surfaces in the area of influence

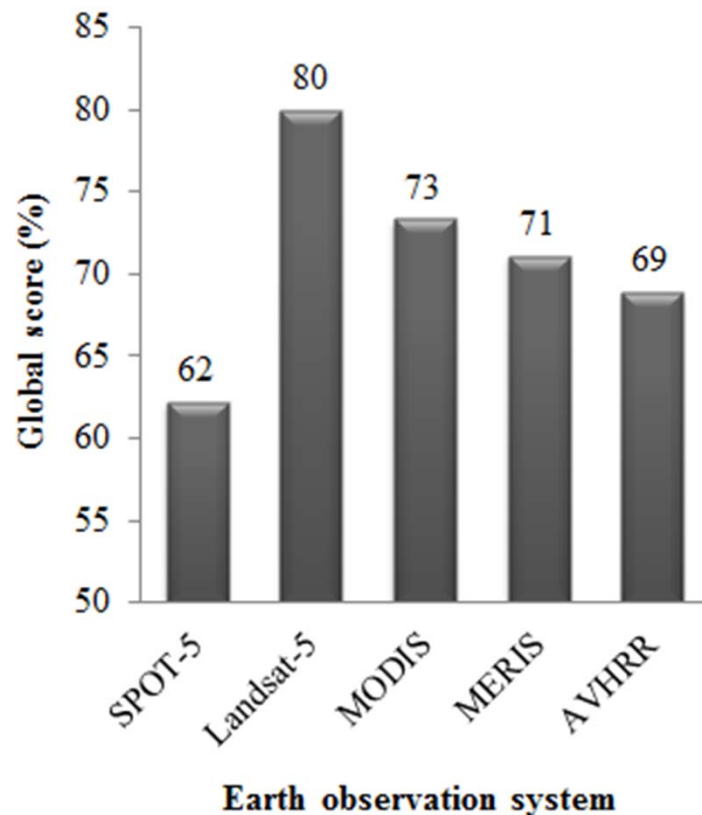
Synthèse de l'évaluation des Systèmes d'observation de la Terre

EOS	Score of evaluation criteria (1 – 5)								
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
S5	3	5	5	5	1	2	2	2	3
L5	5	5	5	5	5	3	1	3	4
MODIS	3	4	1	2	5	5	3	5	5
MERIS	3	4	2	3	5	5	2	4	4
AVHRR	1	4	1	2	5	5	5	4	4
R2	N/A	4	N/A	N/A	5	1	5	1	1

Low score 1 2 3 4 5 High score

EOS = Earth observation system; **S5** = SPOT-5, **L5** = Landsat-5, **R2** = Radarsat-2, **C1** = Performance in statistical models; **C2** = Accuracy of the images classification; **C3** = Detection of environmental determinants in the area of influence; **C4** = Correlation with very high spatial resolution sensors; **C5** = Cost of the images; **C6** = Imaging swath; **C7** = Revisit interval; **C8** = Hours of work; **C9** = Expertise and material required to process the images; **N/A** = Not Evaluated.

Synthèse de l'évaluation des Systèmes d'observation de la Terre



- Le système Landsat-5/TM offre le meilleur compromis pour l'estimation des déterminants environnementaux en vue de l'évaluation et du suivi des risques de contamination microbienne des eaux récréatives dans les programmes de surveillance.

Conclusions

- Les images d'observation de la terre peuvent être utilisées pour estimer et faire le suivi des déterminants environnementaux qui favorisent un plus grand risques de contamination fécale des eaux récréatives.
- L'évaluation de différents systèmes d'OT a montré que les images Landsat-5/TM présentent de meilleurs compromis en termes de performance dans la précision d'estimation des déterminants environnementaux, de pouvoir de prédiction du niveau de contamination fécale des plages, et d'accessibilité. Ces données se prêtent donc le mieux au suivi des conditions de surface et à l'évaluation du risque de contamination microbienne des eaux récréatives.

Conclusions

- Il y a cependant des limitations à l'usage de ces données, dont la plus importante est la couverture nuageuse qui réduit la disponibilité des données sur une base régulière, ainsi que la précision d'estimation des déterminants environnementaux.
- L'imagerie Radar présente plusieurs avantages pour outrepasser ces limitations, car elle n'est pas affectée par les conditions nuageuses. Une analyse plus poussée de ces données, ainsi que leur intégration à l'imagerie optique dans un cadre multi-temporel, sont présentement en cours afin d'identifier les éléments de l'agroenvironnement et des surfaces bâtis qui favorisent le plus la contamination fécale des eaux récréatives.



**Division Science des risques pour la santé publique,
Laboratoire de lutte contre les zoonoses d'origine alimentaire**

Dr. Pascal Michel
Dr. Patricia Turgeon
Stéphanie Brazeau
Serge Olivier Kotchi, PhD cand.
Yann Pelcat
Julie Légaré
Martin-Pierre Lavigne



**Programme IGOT
Agence spatiale canadienne**
Guy Aubé
Paul Brian



Université de Sherbrooke
Dr. Richard Fournier
Francine Essono, PhD cand.
Mariette Lambert
Étudiants coop: Jean-Simon Bédard, Pierre Tardif, Jean-David Rivard and Guillaume Desbiens



Centre canadien de cartographie et d'observation de la Terre
Shanon Kaya
Dr. Brian Brisco

Merçi!