

OBSERVATION SPATIALE ET MODÉLISATION DE L'ÉROSION ET DE LA POLLUTION DIFFUSE DANS LES BASSINS AGRICOLES ALIMENTANT LES LACS DES CANTONS DE L'EST

F. Bonn, A. Lavoie, M. Désautels, P. Richard
Université de Sherbrooke

J. Deslandes, A. Michaud
*Institut de recherche et développement en agro-environnement (IRDA)
Ste Foy, Québec*

C. Madramootoo, P. Enright
McGill University

Résumé

La gestion de la qualité de l'eau alimentant les lacs requiert la participation de tous les intervenants du milieu, que ce soient les riverains, les agriculteurs, les exploitants forestiers et les différents paliers de gouvernement, du municipal jusqu'au fédéral. Il faut donc que les actions humaines se fassent complices des processus naturels des écosystèmes, et pour cela il est important de bien comprendre ces derniers. L'observation spatiale, la modélisation géomatique et le développement de scénarios alternatifs sont des outils qui permettent de mieux comprendre l'ensemble des processus dans leur complexité et d'établir un diagnostic de la santé des bassins, à partir duquel il sera possible de développer des solutions acceptables par tous, pour le court comme pour le long terme.

Abstract

Water quality in rivers and lakes in the Eastern Townships is the result of a complex set of interactions between land use, land cover, agricultural practices as well as residential, industrial and municipal sewage treatment. It is the direct consequence of watershed status. Earth observation tools such as remote sensing satellites and spatial modeling with geomatics can contribute considerably to the understanding and measuring of erosion and non-point source pollution processes in the catchments

which drain into the region's lakes. These tools will help regional authorities make better decisions by allowing them to have a more global view of the problems and to develop scenarios about the potential effects of their proposed regulations or actions.

1. Introduction

L a pollution des eaux d'origine industrielle ou municipale a été l'objet de nombreuses interventions correctrices au cours des dernières décennies. Les solutions apportées ont été surtout de nature technologique par la construction de stations d'épuration. D'autres sources de sédiments, comme les gravières et les chantiers forestiers, routiers ou urbains contribuent aussi à la pollution, mais dans une moindre mesure. Les matières en suspension et les phosphates qui polluent les cours d'eau et les lacs du sud du Canada sont pourtant souvent d'origine agricole. Il est donc parfois difficile de localiser la source de ces polluants, d'où le terme de « pollution diffuse » qu'on leur attribue généralement.

L'érosion hydrique et la pollution diffuse d'origine agricole sont des phénomènes moins spectaculaires que d'autres formes de dégradations plus brutales de l'environnement, mais elles sont plus insidieuses, plus difficiles à observer, à évaluer et à corriger. Les sols réagissent en effet avec un certain délai aux changements de couverture végétale, d'utilisation des terres et de pratiques agricoles qui les affectent. Par contre, l'érosion et la pollution diffuse ont d'importantes conséquences sur la qualité des eaux, les matières en suspension et la présence de phosphates, de nitrates et de pesticides dans les plans d'eau où se jettent les eaux de ruissellement. Les causes en sont variées selon le domaine géographique dans lequel on se situe. Dans les régions développées à climat humide comme le Québec et l'Europe du Nord-Ouest, elles sont le résultat de plus de cinquante années de mécanisation et d'intensification de l'agriculture. Ces pratiques ont amené une augmentation de la taille des parcelles suite aux remembrements successifs, une diminution de la matière organique (donc du stock de carbone du sol), de la biodiversité et de la stabilité structurale des agrégats, ainsi qu'une diminution de la capacité de rétention d'eau (Wicherek, 1993, Gosselin et al., 1986, Morgan, 1995).

En même temps, le développement des monocultures et des apports massifs d'engrais qui ont suivi se traduit par un bilan positif, entre autres, du phosphore et une lente saturation des « éponges à phosphore » que sont les sols (Michaud, 2000). La majeure partie des

charges de phosphore dans la Rivière aux Brochets, un affluent de la Baie Missisquoi du lac Champlain, est d'origine agricole (Caumartin et Vincent 1994). Chaque année, on assiste à une importante éclosion d'algues qui rend l'eau non potable, perturbe la vie aquatique et restreint les activités récréotouristiques dans la partie nord-est du lac. Ces algues causent également la prolifération des cyanobactéries toxiques, qui obligent les autorités à interdire les plages dès la mi-juillet. À l'échelle locale, les conséquences de la dégradation des sols pour les populations se traduisent par des baisses de fertilité et une augmentation de la charge solide et dissoute des eaux de ruissellement. Comme une grande partie de la fertilisation agricole est assurée par des engrais de ferme, la dégradation de la qualité bactériologique de l'eau peut aussi avoir des effets néfastes sur la santé humaine, comme on a pu voir à Walkerton en Ontario, au printemps 2000, même si la situation est différente de celle de l'Estrie.

Dans le cadre des efforts visant au développement durable en agriculture, les gouvernements ont commencé à encourager des pratiques culturales conservatrices des sols : travail réduit du sol (Pesant et al., 1990, 1998), utilisation de résidus pour la protection du sol et des cours d'eau (Ketcheson et Stonehouse, 1983), rotation des cultures, intercultures entre les rangs, bandes gazonnées le long des planches et des chemins d'eau, modifications au système de rcurage des fossés de route (Thibault, 1997), etc. Il est toutefois encore difficile de chiffrer et de cartographier l'étendue de ces pratiques qui reposent souvent sur des initiatives individuelles. On a donc besoin d'outils pour identifier les secteurs et mesurer les superficies qui bénéficieraient le plus de la mise en place de mesures de conservation et pour lesquelles le gain environnemental serait maximal, c'est-à-dire une forte réduction de l'érosion pour un investissement minimal. Les organismes d'aide au développement international comme le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) et les banques de développement encouragent aussi depuis le Sommet de Rio un développement durable axé sur une gestion par bassin versant. Enfin, la Politique nationale de l'eau au Québec prône également cette approche. Cette politique a survécu intégralement au changement de gouvernement d'avril 2003.

2. Observer, spatialiser et modéliser à l'aide de la télédétection et de la géomatique : le besoin de collaboration interdisciplinaire

La télédétection, grâce à sa vision synoptique du territoire, et la géomatique par ses capacités de modélisation, de scénarios et de représentation cartographique peuvent intervenir à ce niveau pour apporter des réponses du type : *où ? quand ? comment ? combien ?* Un

outil géomatique d'observation, de modélisation spatiale et de support à la décision pour la gestion durable des bassins devient donc une nécessité dans le contexte actuel. Les pertes de sols, la réduction de la capacité d'infiltration et l'augmentation de la turbidité amènent à terme l'eutrophisation des plans d'eau. Celle-ci ne peut être contrôlée que par des actions correctrices au niveau des bassins versants. L'approche développée par l'équipe de Sherbrooke met en commun des ressources humaines et scientifiques complémentaires pour aborder ces questions d'une manière systémique et organisée afin d'en arriver à proposer une démarche préopérationnelle qui puisse s'appliquer aussi dans d'autres bassins soumis à des processus similaires. En fait, il faut observer, comprendre, et prévoir.

2.1 *Observer*

Les outils spatiaux d'observation de la Terre par télédétection, qui permettent d'avoir une vision globale de l'utilisation du sol dans les bassins versants contribuent à localiser les sources d'érosion et de pollution diffuse. Ces dernières sont associées aux secteurs de sols fragiles et faiblement protégés par la végétation. Cela correspond souvent aux champs de cultures sarclées (maïs, céréales), où le sol n'est pas recouvert par les plantes pendant une grande partie de l'année, au printemps et à l'automne en particulier. Les sols, non protégés, sont donc exposés à l'agressivité des pluies et l'érosion qui s'y développe en arrache une bonne partie lors des averses de forte intensité, pour ensabler les rivières. Ces zones sont également celles qui reçoivent le plus d'engrais organiques et chimiques, et les phosphates s'attachent aux particules de sol arrachées pour aller se déposer avec elles dans les cours d'eau et les lacs. Ils contribuent ainsi à l'eutrophisation de ces derniers et à la baisse de la qualité de l'eau.

Les satellites d'observation de la Terre comme LANDSAT ou SPOT permettent théoriquement de cartographier l'occupation du sol et les cultures dans les bassins agricoles. Par contre, les marges d'erreur sont encore trop importantes pour que les outils de télédétection spatiale puissent apporter des réponses satisfaisantes aux questions : *où ? quand ? comment ? combien ?* à propos des sources de matières en suspension et de phosphates. Or, cette information est cruciale pour permettre d'établir des zones prioritaires d'intervention et pour aider les gouvernements impliqués à atteindre leurs objectifs de réduction de la pollution diffuse. Le Québec et le Vermont, par exemple, ont convenu de réduire de manière importante les apports de phosphates dans le lac Champlain et plus particulièrement dans la Baie Missisquoi. Il leur faut donc des outils d'évaluation, de prévision et de suivi qui soient fiables et crédibles.

Les satellites optiques de nouvelle génération, avec une meilleure résolution spatiale et spectrale, comme ASTER, et les satellites radar comme RADARSAT, dotés de possibilités de dépointage programmé, apportent des informations nouvelles qui n'étaient pas accessibles auparavant. Les données optiques de nouvelle génération permettent d'observer les pratiques agricoles et d'identifier les secteurs où l'on utilise des mesures de conservation des sols et de réduction de l'érosion. Les angles d'incidence multiples, possibles avec RADARSAT-1 et 2, permettent de mesurer la rugosité et l'humidité des sols nus, qui sont des paramètres importants dans la prévision du ruissellement, de l'érosion et de la pollution diffuse (Angles, 2001, Sahebi et al., 2003). Ces paramètres sont également utiles dans l'évaluation du risque d'inondation lors des crues d'été. La figure 1 présente une vue en perspective du bassin de la rivière Tomifobia, un affluent du lac Massawippi, obtenue à l'aide du capteur ASTER sur le satellite TERRA.

Cependant, il faut que les données satellitaires soient étalonnées, appuyées par des mesures au sol et que leurs résultats soient intégrés dans des modèles géomatiques qui permettent de prévoir et de guider les interventions correctrices sur le terrain. Ces modèles permettent aussi de développer des scénarios pour optimiser les choix et prendre les meilleures décisions possibles pour la gestion des risques et l'aménagement du territoire. De plus, il faut rester conscient que tout modèle, aussi élaboré soit-il, n'est qu'une approximation de la réalité.

2.2 Comprendre

Il est important de pouvoir identifier et cartographier les secteurs et les sous-bassins qui contribuent le plus à la pollution diffuse afin de développer une approche correctrice qui puisse être utilisée de manière opérationnelle par les organismes chargés de la protection de l'environnement. En même temps, pour des raisons évidentes de paix sociale dans les campagnes, il faut éviter de pointer des agriculteurs particuliers comme des coupables de pollution. Certains exploitants agricoles ont commencé à mettre en place des méthodes de culture qui conservent davantage le sol, comme les semis directs, les labours réduits ou l'application de résidus de culture. Des bandes riveraines végétalisées sont parfois installées le long des cours d'eau et des fossés, mais cela se fait sur une base volontaire et non de manière réglementée. Il est donc difficile pour les responsables régionaux de l'environnement d'avoir une idée globale des pratiques antiérosives et antipollution diffuses dans un bassin d'une certaine étendue et d'évaluer les apports de polluants que ce bassin fournit au lac ou à la rivière dans laquelle il se jette.

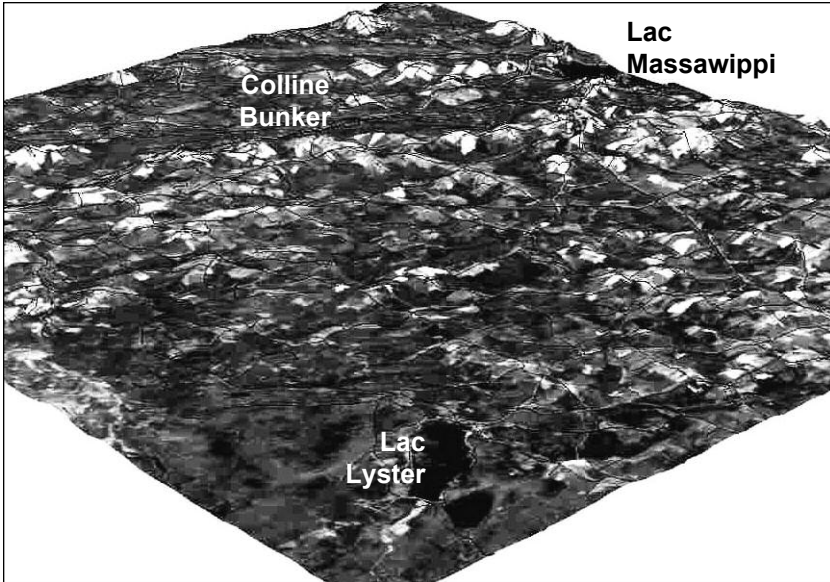


Figure 1 : Vue en perspective du bassin de la rivière Tomifobia à l'aide des données ASTER et de la topographie numérique (M. Désautels)

Pour cela, l'observation spatiale se combine aux outils de géomatique et aux modèles pour comprendre les processus à l'échelle régionale. La plupart des modèles d'érosion des sols comme l'Équation universelle de pertes de sols (USLE, Wischmeier & Smith, 1978), sa version modifiée à l'échelle de l'événement (MUSLE, Foster *et al.*, 1977) ou d'autres comme le WEPP (Water Erosion Prediction Project, Laflen *et al.*, 1991) ont été établis empiriquement à partir de mesures en parcelles expérimentales avec peu ou pas de régionalisation des résultats. Ces équations varient beaucoup avec les conditions géographiques locales, mais elles utilisent toutes à peu près les mêmes paramètres physiques : pentes, énergie cinétique des pluies, érodabilité des sols, protection du sol par la couverture végétale, interventions protectrices, etc.

2.3 Prévoir

L'approche par SIG (système d'information géographique) est un bon outil pour spatialiser des modèles ponctuels répondant à la question « comment ». Elle donne des solutions pour l'intégration des niveaux d'information et la cartographie des résultats « où, combien », et elle permet de développer des scénarios pour les interventions humaines sur le milieu « que se passera-t-il si... » Les produits cartographiques issus de ces approches sont en général séduisants, apparaissant par exemple sous forme de cartes de pertes de sol exprimées en t/ha/an sur de

grandes étendues (Anys *et al.*, 1994). Toutefois, très peu de ces résultats ont été validés, car il est difficile de mesurer les pertes de sols sur de grandes surfaces durant de longues périodes. Il y a en effet dans ces approches une bonne part de spéculations sur la continuité de l'espace géographique et sur notre aptitude à généraliser des modèles initialement conçus à l'échelle de la parcelle (Bonn *et al.*, 1994, Bonn 1998). La figure 2 donne une représentation schématique de la démarche qui est utilisée dans une approche géomatique d'aide à la décision en environnement.

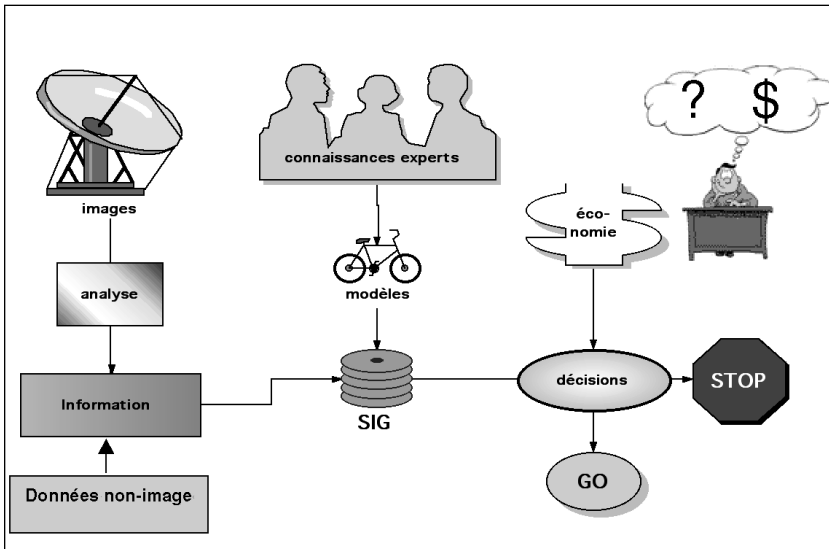


Figure 2 : Le processus d'aide à la décision dans une démarche géomatique.

3. L'expérience de l'Université de Sherbrooke en télédétection appliquée à la gestion des bassins versants.

3.1 Les projets réalisés

Depuis une vingtaine d'années, les travaux de l'équipe de Sherbrooke ont porté sur le développement d'outils de modélisation spatiale de l'érosion à l'aide de la télédétection et de la géomatique à l'échelle des bassins versants de quelques centaines de kilomètres carrés. Plus particulièrement, l'équipe du CARTEL a contribué au cours des dernières années à la conception et à la réalisation de trois projets interdisciplinaires sur ces questions :

- Le projet FLOODGEN (*FLOOD risk reduction by spaceborne recognition of excess runoff GENERating areas*) est un projet du 4^e Programme

Cadre de recherche de la Commission Européenne (1997–2000) destiné à cartographier les secteurs agricoles qui sont à la source du ruissellement excessif pouvant mener à des inondations en aval. Dans ce projet, la télédétection optique (LANDSAT, SPOT) a servi à observer l'utilisation du sol et ses changements ainsi qu'à mesurer les surfaces contribuant au ruissellement excessif (Emberger et al, 2001). La télédétection radar (ERS-2, RADARSAT), pour sa part, a servi à mesurer la rugosité et l'humidité de surface des parcelles de sol nu (Smyth et al. 2000, Baghdadi et al, 2001, Sahebi et al., 2003). La participation canadienne a été réalisée par Viasat Inc. et le CARTEL, avec un financement de l'Agence spatiale canadienne dans le cadre de l'accord de coopération scientifique entre le Canada et l'Union Européenne. Voir le site :

<http://dgrwww.epfl.ch/SIRS/projets/floodgen/>

- Le projet AGRORIESQ (*Applications Géomatiques de RADARSAT à l'Observation des Risques d'Inondations et d'Érosion dans le sud du Québec*), financé par FCAR dans le cadre de l'entente fédérale-provinciale sur les applications de Radarsat (1999–2000), a été réalisé en coopération avec l'INRS-eau sur le bassin de la rivière Châteauguay. Il a permis de mettre au point une approche pour séparer les effets de la rugosité de ceux de l'humidité sur la rétrodiffusion radar en utilisant les visées multi-angulaires de Radarsat 1 (Sahebi et al., 2001 ; Angles et al., 2001). Voir le site : <http://www.callisto.si.usherb.ca/~99867120/>
- Le projet de la Rivière aux Brochets (*Conception et validation d'indicateurs agro-environnementaux adaptés à la gestion de projets en bassin versant ciblés sur le contrôle des charges de nutriments et de sédiments*), financé par l'Action concertée FCAR-IRDA (1999–2002), est piloté par l'Université McGill (Prof. Madramootoo) et s'inscrit dans le cadre d'un effort concerté de recherche et d'intervention agro-environnementale dans le bassin versant de la Baie Missisquoi de part et d'autre de la frontière canado-américaine. Ce projet a permis l'installation de stations de mesure des débits et de qualité de l'eau dans le bassin ainsi que la mise en place d'une infrastructure géomatique qui permet de faire tourner les différents modèles (topographie, pédologie, unités de réponses hydrologiques homogènes). Les premiers résultats, permettant une représentation temporelle et spatiale des charges de contaminants dans le bassin et des zones de vulnérabilité, commencent à être publiés (Michaud et Laverdière, 2001; Enright, 2001; Deslandes et al., 2002).

La figure 3 présente des cartes du relief, des séries de sols et de l'utilisation du sol établies par numérisation de données géographiques et par l'analyse d'images du satellite Landsat sur le bassin de la Rivière aux Brochets, un bassin de 630 km² qui se déverse dans la Baie Missisquoi du lac Champlain.

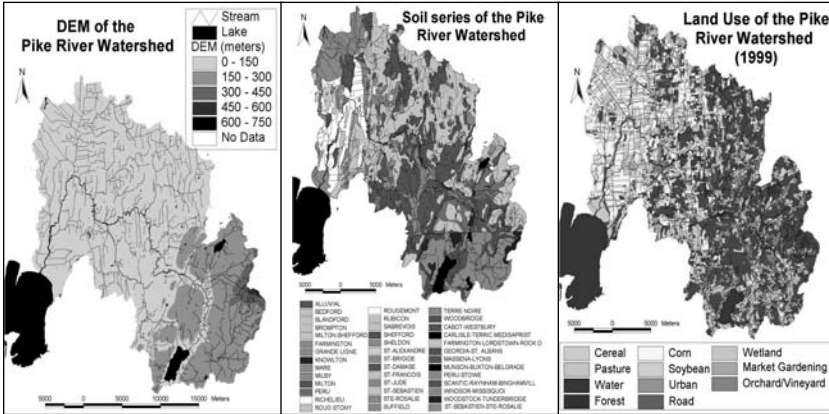


Figure 3 : Cartes du relief, des sols et de l'utilisation du sol du bassin de la Rivière aux Brochets (Deslandes et al., 2002).

L'application du modèle SWAT (Soil and Water Assessment Tool) qui comprend divers modules à cet ensemble géographique et la spatialisation des données disponibles sur les intrants en engrais a permis par la suite de produire des cartes du ruissellement et de l'érosion (figure 4) et des cartes du bilan et de la saturation des sols en

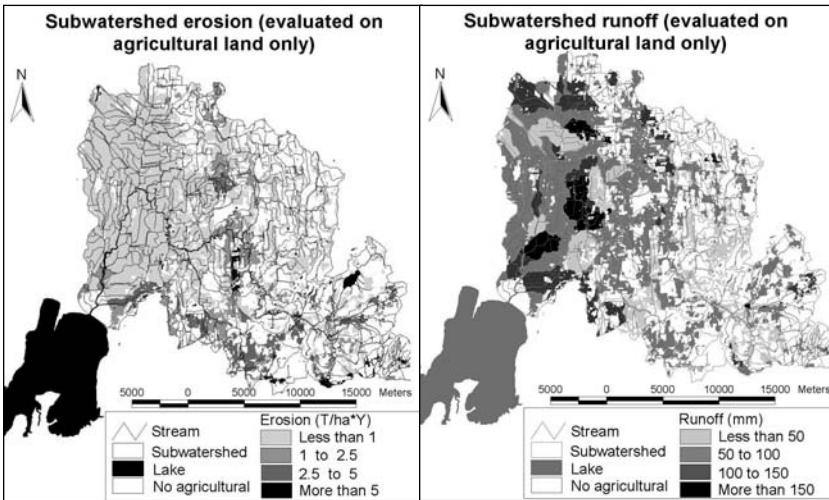


Figure 4 : Érosion et ruissellement de surface dans le bassin de la Rivière aux Brochets (Deslandes et al., 2002).

phosphore (figure 5). Le phosphore est le principal agent de l'eutrophisation des lacs et il est responsable des proliférations d'algues qui affectent chaque été la Baie Missisquoi. Il y a des régions des Cantons de l'Est où les surfaces agricoles sont proportionnellement moins importantes, mais elles ont souvent des pentes plus fortes que celles que l'on observe dans les parties basses du bassin de la Rivière aux Brochets. Il faut donc utiliser des outils et des modèles qui permettent de faire la part des choses.

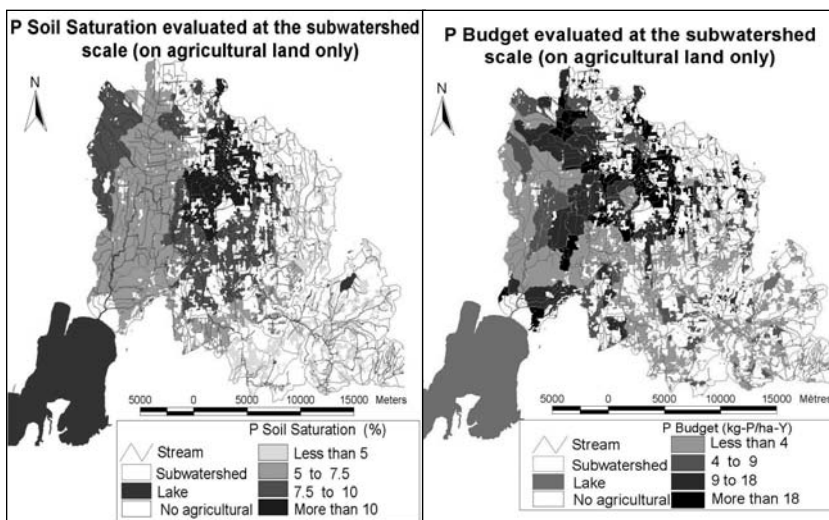


Figure 5 : Saturation et bilan des sols en phosphore dans le bassin de la Rivière aux Brochets (Deslandes et al., 2002).

3.2 Les projets en cours : OSMEDAL et ETHRANGE.

3.2.1 – OSMEDAL

Pour intégrer les expériences acquises dans les projets antérieurs et pour valider les résultats obtenus par la modélisation spatiale, nous avons initié en 2002 un projet interuniversitaire appelé OSMEDAL (Observation Spatiale et Modélisation des sources d'Erosion et de pollution Diffuse dans les bassins versants Agricoles alimentant des Lacs). Le projet implique des partenaires de l'Université de Sherbrooke, de l'Université McGill, de l'Université de Montréal, de l'Université Laval, de l'INRS et de l'Institut de recherche et développement en agro-environnement (IRDA). Il est financé, pour une durée de 4 ans, par le CRSNG.

OSMEDAL vise à intégrer, dans une démarche plus interdisciplinaire, les différentes composantes des processus qui peuvent avoir une influence sur la qualité de l'eau des rivières et des

lacs. Il cherche à regrouper autour d'une problématique commune des expertises complémentaires.

Les quatre principaux objectifs spécifiques de cette recherche sont :

a) *l'observation et la mesure des paramètres de surface affectant le ruissellement et l'érosion sur sols nus avec les données RADARSAT : rugosité, humidité et orientation des labours.*

Dans le cadre du projet FLOODGEN, nous avons montré qu'il était possible d'extraire des images RADARSAT-1 trois classes de rugosité de surface des sols nus dans des conditions de sols très humides (Coulombe-Simoneau et al., 2000 ; Smyth et al, 2000). Cependant, le problème de la séparation entre le signal d'humidité et le signal de rugosité n'est pas résolu pour autant, car ces mesures ont été réalisées en conditions de sols saturés. Un de nos objectifs est la résolution de ce problème grâce à la visée à angles multiples que permet RADARSAT.

b) *l'intégration des données RADARSAT, de la topographie numérique et des données optiques à la modélisation de l'érosion et de la pollution diffuse dans le cadre de SIG et de modèles hydrologiques*

La modélisation spatiale de l'érosion et des charges de contaminants peut se faire de diverses manières. Elle n'a pas toujours pour objectif de prévoir avec précision les tonnages de pertes de sols par hectare, elle peut aussi servir d'outil pour cartographier les risques et établir une priorité d'intervention sur le territoire agricole (Bonn, 1998). C'est ici que se situe l'intégration avec la modélisation hydrologique. Les modèles informatiques de recherche développés ne sont pas encore utilisés à des fins de gestion agro-environnementale, mais la contribution de la télédétection permettra de les améliorer en leur fournissant une meilleure information spatialisée sur le comportement hydro-érosif des surfaces agricoles. L'objectif est donc de fournir aux modélisateurs une information qui leur permettra d'évaluer plus facilement le potentiel de ruissellement sur les unités agricoles du territoire. Pour cela, il faut transformer l'information issue de la télédétection (rugosité, humidité) en des paramètres utiles aux modèles hydrologiques, comme les coefficients de Manning ou les valeurs de Curve Number, qui sont des paramètres hydrauliques de rugosité.

c) *l'observation, l'identification et la cartographie des pratiques culturales antiérosives avec les données optiques de nouvelle génération*

Les pratiques antiérosives sans labour (chisel, semis direct, application de résidus et bandes gazonnées) sont de plus en plus encouragées par les gouvernements sensibilisés au développement durable. Ce pendant, ceux-ci n'ont pas toujours les moyens d'évaluer leur mise en pratique sur de grandes étendues. Le troisième objectif est

donc l'identification et la cartographie de ces pratiques à l'aide des données optiques nouvelles telles que l'hyperspectral. Pour les bandes gazonnées et les mesures de protection des berges, il va falloir avoir recours aux images à très haute résolution de l'ordre du mètre.

d) la validation des données et des modèles à l'aide des mesures sur le terrain et des traceurs.

Le point faible des applications de la géomatique aux processus de surface comme l'érosion et la pollution diffuse est la validation des modèles. Il est en effet impossible de mesurer la totalité des sédiments et des phosphates qui sont transportés et érodés dans un bassin de quelques centaines de km². Il faut donc trouver des méthodes de validation différentes, et c'est à ce niveau que la coopération interinstitutionnelle et interdisciplinaire prend toute sa place. Des champs ayant subi des simulations d'érosion et de production de MES (matières en suspension) dans les cours d'eau seront échantillonnés afin d'y effectuer des mesures de propriétés magnétiques et de radio-isotopes (Cs137, Pb210 et Be7) selon une approche développée initialement par Bernard et al., (1992). Ces mesures permettront de produire, à diverses échelles temporelles variant de l'événement pluvieux à un horizon de plus de 50 ans, des indicateurs de pertes de sol et de production nette de sédiments.

La comparaison des propriétés physico-chimiques, magnétiques et isotopiques des matériaux de surface des champs, des berges de cours d'eau et d'échantillons de sédiments permettra d'estimer la provenance de ces sédiments et d'établir la part relative des champs agricoles et des berges comme source de matières solides. Le dosage en isotopes des sédiments échantillonnés dans les champs, les lits et la colonne d'eau des tributaires permettra par ailleurs de préciser la source et la dynamique des sédiments et de contribuer à expliquer la biodisponibilité du phosphore particulaire, forme dominante des apports de cet élément dans les cours d'eau.

Les rôles de chacun des partenaires du projet se résument comme suit :

- Université de Sherbrooke

Extraire des paramètres utiles à l'étude de l'érosion et de la pollution diffuse à partir d'images satellitaires. Intégrer dans un SIG et reporter à l'échelle d'un bassin versant.

- Université Laval

Utiliser des traceurs et des mesures sur le terrain afin de valider les résultats de modèles retenus pour l'estimation de l'érosion et du

transport de sédiments et implanter de parcelles munies de bandes enherbées en combinaison avec des pratiques de travail de sol et mesure du ruissellement et de ses composantes.

- Université McGill

Développer un modèle informatique du transport du phosphore dans les sols et incorporer le modèle dans un système d'aide à la décision pour gérer et réduire les pertes en phosphore dans les bassins versants.

- INRS-ETE

Utiliser les informations tirées d'images satellitaires sur la rugosité et l'humidité des sols agricoles et les inclure dans des modèles existants afin de vérifier la capacité à estimer le paramètre C (taux de recouvrement) de l'équation universelle de perte de sol.

- IRDA

Utiliser des paramètres tirés de documents de télédétection aéroportée et de modèles numériques de haute précision pour l'estimation du ruissellement et des charges diffuses de contaminants par des modèles hydrologiques sur un petit bassin versant agricole situé en Montérégie. Aménager un dispositif pour le suivi de la quantité/qualité de l'eau en parcelle agricole sur la Ferme expérimentale de l'IRDA.

- Université de Montréal

Déterminer les contributions propres d'une rivière et du milieu agricole à la charge en suspension fluviale. Connaître la signature actuelle de différents types d'utilisation du sol sur la rivière Tomifobia afin de mieux déceler l'impact de changements futurs de pratiques ou d'utilisation du sol.

3.2.2 – *ETHRANGE*

Jusqu'à présent, les différents projets de recherche sont orientés vers des aspects scientifiques, économiques et techniques. Le facteur humain, les aspects sociaux et les relations interpersonnelles ne sont pas souvent considérés, surtout lorsqu'un travail multidisciplinaire est impliqué. De plus, dans la foulée de la mise sur pied de l'Observatoire de l'environnement et du développement durable de l'Université de Sherbrooke (qui comprend un Axe sur l'eau), plusieurs chercheurs des sciences humaines et sociales intéressés aux problématiques liées à l'environnement et au développement durable désirent saisir cette occasion pour faire éclater les cloisons disciplinaires. Suite à la nouvelle Politique de l'eau du gouvernement provincial ainsi qu'au modèle de gestion de l'eau par bassin versant, des chercheurs des domaines de la géographie, de l'éthique et de la philosophie, du droit, de l'économie

ainsi que de l'administration ont mis sur pied le projet ETHRANGE (Éthique et transdisciplinarité en gouvernance de l'eau) qui est financé par le Fonds FQRSC.

Le but principal du projet vise à développer des méthodes transdisciplinaires de travail concernant la gouvernance de l'eau. Deux objectifs sont visés soient :

- a) de produire un savoir intégré sur la question de la gouvernance de l'eau en analysant l'historique de la gouvernance ainsi que les modèles de gestion par bassin qui existent et de dégager des perspectives sur la gouvernance;
- b) de développer une méthode de travail transdisciplinaire en dégagant les processus qui favorisent la transdisciplinarité, de proposer des outils d'application générale et de prévoir des stratégies de diffusion qui tiennent compte des cloisons disciplinaires et des besoins de vulgarisation.

Une des retombées espérées par ce projet est que les acteurs impliqués dans la problématique de gouvernance de l'eau disposent d'informations scientifiques adéquates leur permettant d'avoir une vision plus globale de la question. Les étapes de transdisciplinarité et de vulgarisation des informations permettraient justement d'obtenir ces informations fiables. Évidemment, un des résultats de recherche est aussi de produire un document explicatif d'un processus transdisciplinaire accompagné d'outils et de méthodes de travail que les équipes de travail, de recherche ou de gestion pourraient facilement utiliser afin d'éliminer les cloisons disciplinaires et de s'affranchir de modèles comme le biocentrisme ou l'utilitarisme quand il s'agit de gérer le milieu habité.

4. Conclusion

La gestion de la qualité de l'eau alimentant les lacs est un problème complexe, pour lequel il n'existe pas de solution miracle. Elle requiert la participation de tous les intervenants du milieu, que ce soient les riverains, les agriculteurs, les exploitants forestiers et les différents paliers de gouvernement, du municipal jusqu'au fédéral. La plupart du temps, il n'y a pas de solution à court terme, il faut agir avec les écosystèmes, en combinant les interventions humaines avec les processus naturels qui façonnent notre milieu. Il faut donc que les actions humaines se fassent complices des processus naturels, et pour cela il est important de bien comprendre ces derniers. L'observation spatiale, la modélisation géomatique et le développement de scénarios alternatifs sont des outils qui permettent de mieux comprendre

l'ensemble des processus dans leur complexité et d'établir un diagnostic de la santé des bassins, à partir duquel il sera possible de développer des solutions acceptables par tous, pour le court comme pour le long terme.

REFERENCES.

- Angles, J., M.R. Sahebi et F. Bonn. (2001). « A RADARSAT-1 based multi-angular approach to separate and map moisture and surface roughness components of the radar signal backscattering by bare soils. » *5^e Colloque international : Le recours à la télédétection en hydrologie*, 2-5 octobre 2001, Montpellier, France. *AIHS Red Book* (in press).
- Anys, H., F. Bonn et A. Merzouk. (1994). « Remote sensing and GIS based mapping and modeling of water erosion and sediment yield in a semi-arid watershed of Morocco. » *Geocarto International*, 9, 1, pp. 31-40.
- Bernard, C., M.R. Laverdière et A. Pesant. (1992). « Variabilité de la relation entre les pertes de césium et de sol par érosion hydrique. » *Geoderma*, 52, pp. 265-277.
- Bonn, F., L. Cyr, H. Anys et H. Chakroun. (1994). « Une modélisation spatiale des pertes de sol liées à l'érosion hydrique. » *Télédétection de l'environnement dans l'espace francophone*, F. Bonn, ed. ACCT/PUQ, pp. 75-97.
- Bonn, F. (1998). « La spatialisation des modèles d'érosion avec la télédétection et les SIG: validation, erreurs et limites. » *Sécheresse*, 12 p.
- Coulombe-Simoneau J., S. Hardy., N. Baghdadi, C. King., F. Bonn et Y. Le Bissonais. (2001). « RADARSAT based monitoring of soil roughness over an agricultural area affected by excessive runoff. » *Remote Sensing in Hydrology 2000*, Santa Fe, N.M., IASH Red Book, Publication No 267, p. 362-364.
- Cyr L., F. Bonn et A. Pesant. (1995). « Vegetation indices derived from remote sensing for an estimation of soil protection against water erosion. » *Ecological Modelling*, 79, pp. 277-285.
- Caumartin, J. et R. Vincent. (1994). *Bilan environnemental du bassin de la Baie Missisquoi*. Direction des Écosystèmes aquatiques, MEFAQ, 102 p.
- Deslandes, J., A. Michaud et F. Bonn. (2002). « Développement et validation d'indicateurs agro-environnementaux associés aux pertes diffuses de phosphore dans le bassin-versant de la Rivière aux Brochets. » *Agrosol*, Vol. 13 No 2, p. 111-123.

- Foster, G.R., L.D. Meyer et C.A. Onstad. (1977). a) An erosion equation derived from basic erosion principles. b) A runoff erosivity factor and variable slope length exponents for soil loss estimates. *Trans. of the ASAE*, 20 : 4, pp. 672–687.
- Gosselin, B. (1986) : *La dégradation des sols agricoles au Québec : causes, effets, prévention et correction*. MAPAQ, Québec, 147 p.
- Ketcheson J.W. et D.P. Stonehouse. (1983). « Conservation tillage in Ontario. » *Journal of Soil and Water Conservation*, 38, pp. 253–254.
- King, C. et G. Delpont. (1993). « Spatial assessment of erosion: contribution of remote sensing, a review. » *Remote Sensing Reviews*, 7, p. 223–232
- Lafren, J.M., J.L. Leonard et G.R. Foster. (1991). « WEPP: a new generation of erosion predicting technology. » *Journal of Soil and Water Conservation*, 46, pp. 34–38
- Mc.Nairn H. et R. Protz. (1993). « Mapping corn residue cover on agricultural fields in Oxford County, Ontario, using thematic mapper. » *Canadian Journal of Remote Sensing*, 19, 2, pp. 152–159.
- Michaud, A.R. (2000). *Salon de l'Agriculteur*, Saint-Hyacinthe. Cahier des conférences, 12 pages.
- Morgan, R.C.P. (1995). *Soil erosion and conservation*. Longman Press, 198 p.
- Sahebi, J.R., J. Angles et F. Bonn. (2002). « A comparison of multi-polarization and multi-angular approaches for estimating bare soil surface roughness from spaceborne radar data. » *Canadian Journal of Remote Sensing*. Vol. 28, no 5, oct. 2002, p. 641–652.
- Sahebi, M.R., F. Bonn et Q.H. J. Gwyn. (2003). « Estimation of bare soil surface moisture from RADARSAT using simple empirical models. » *International Journal of Remote Sensing* Vol. 24, No 12, p 2575–2582.
- Smyth, J., F. Bonn, S. Hardy, A. Rémond et P. Clément. (2000). *Potential retrieval of tillage direction as a runoff indicator using RADARSAT data*. Remote Sensing in Hydrology 2000, Santa Fe, N.M., AIHS Red Book Publication No 267, p. 368–370.
- Thibault, J.C. (1997). *Une méthode de nettoyage des drains et fossés moins dommageable pour l'environnement*. RAPPEL et ministère des Transports, Sherbrooke.
- Wicherek, S. (1993). « Érosion et dégradation des sols : une urgence mondiale. » *La Recherche*, septembre, 5 p.
- Wischmeier W.H. et D.D. Smith. (1978). « Predicting rainfall erosion losses; a guide to conservation planning. » *USDA, Agriculture Handbook* No. 537, 57 p.