

## **AGRICULTURE INTENSIVE ET ÉCOSYSTÈMES RÉGIONAUX : DU DIAGNOSTIC AUX INTERVENTIONS**

**Note :** Le présent document fait partie d'un recueil de textes issus du projet Éco-recherche qui seront publiés dans les prochains mois. Il s'agit donc pour le moment d'un document de travail qui pourra subir de légères modifications sur la forme mais non sur le contenu.

Nos sincères remerciements à l'équipe d'Éco-recherche de l'Université Laval, tous ses collaborateurs et son directeur, monsieur Réjean Landry.

Jean-Maurice Hamel, agronome  
MAPAQ

# Agriculture intensive et écosystèmes régionaux : du diagnostic aux interventions

## Plan du livre synthèse

Objet du livre : recueil de textes issus du projet Éco-recherche

Clientèle cible : intervenants, conseils subventionnaires, conseillers, chercheurs.

Section du livre	Auteur(s)	État de réalisation
------------------	-----------	---------------------

Avant-propos

Description de l'écosystème

Joël Rouffignat et collaborateurs

### Partie 1 : Agriculture et cohabitation

Les impacts régionaux et locaux des activités agricoles intensives sur les écosystèmes : une approche régionale

Joël Rouffignat, Carlo Prével, Aubert Michaud, Marc Girard, Marius Thériault, Ludovic Guerpillon

Les facteurs de perception des nuisances environnementales chez les résidents de Portneuf

Marius Thériault, Réjean Landry, Joël Rouffignat, Patrick Levallois, Christine Chiasson, Sylvio Tessier, Marc Girard et Carlo Prével

Groundwater contamination by nitrates associates with intensive potato culture in Quebec

Patrick Levallois, Marius Thériault, Joël Rouffignat, Sylvio Tessier, Réjean Landry, P. Ayotte, Marc Girard, S. Gingras, D. Gauvin, Christine Chiasson

Agricultural environment : a socio-technical definition

Sylvio Tessier, Réjean Landry, Patrick Levallois, Joël Rouffignat, Christine Chiasson

L'eau potable en milieu rural québécois : habitudes de consommation, défection économique et démarches politiques

Richard Marceau, François Therrien

Contamination diffuse et demande de préservation de la qualité des eaux : des préférences révélées aux préférences exprimées

Moktar Laamary, Réjean Landry

Les déterminants des dépenses de protection contre la dégradation des eaux souterraines chez les ménages québécois

Namaté Traoré, Réjean Landry, Nabil Amara

## Partie 2 : Comportements des producteurs de pommes de terre

Comportement des producteurs en matière de régie de la fertilisation azotée de la pomme de terre au Québec

Marc-Olivier Gasser, Marc R. Laverdière

Coûts des traitements phytosanitaires et efficacité technique d'application des pesticides dans la production de pommes de terre à Portneuf (Québec)

Ndongo Bekolo, Véronique Bleunven, Gilles D.Leroux et Guy Debailleul

Stratégie phytosanitaire et protection de la santé : la nécessité d'une approche globale

Gilles D. Leroux, M-H. April et Christine Chiasson

Pesticide manipulators : are they protected : What sources of information may influence their decisions?

Ramesh Shademani, Réjean Landry

Efficacité technique et conservation de l'environnement : le cas des producteurs de pommes de terre du Québec

Nabil Amara, Namatié Traoré, Réjean Landry

La diversité et les déterminants de la demande d'information en matière d'emploi des produits chimiques à la ferme par les producteurs de pommes de terre du Québec

Namatié Traoré, Réjean Landry, Nabil Amara

Les producteurs et la calibration de leur machinerie vs contraintes agronomiques

Gilles D. Leroux, Marie-Hélène April

Lysimètres drainants pour la mesure du lessivage chez les producteurs

Robert Lagacé, Marina Lambert, Marc-Olivier Gasser, Éric Cormier

Évaluation du modèle epic pour estimer la recharge régionale

Anne-Marie Laroche, Jacques Gallichand, Marius Thériault

Analyse d'un programme agricole à vocation environnementale : le cas du Programme québécois de conservation et de gestion du sol et de l'eau

Richard Marceau, Mariana Nunez, François Therrien

**LES IMPACTS RÉGIONAUX ET LOCAUX DES ACTIVITÉS AGRICOLES  
INTENSIVES SUR LES ÉCOSYSTÈMES:  
UNE APPROCHE RÉGIONALE.**

Joël Rouffignat <sup>1</sup>

Carlo Prévil <sup>2</sup>

Aubert Michaud <sup>3</sup>

Marc Girard <sup>4</sup>

Marius Thériault <sup>5</sup>

Ludovic Guerpillon <sup>5</sup>

<sup>1</sup>-Département de géographie, Université Laval, Québec

<sup>2</sup>- Département de géographie, Université Laval, Québec

<sup>3</sup>-Centre de recherche et d'expérimentation en sols. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

<sup>4</sup>- Département de géographie. Centre de recherche en aménagement. Université Laval, Québec.

<sup>5</sup>- Département de géographie, Centre de recherche en aménagement. Université Laval, Québec.

<sup>6</sup>- Département de géographie, Université Laval, Québec

## 1-LES RÉGIONS D'ÉTUDE: ÉVALUER LE DEGRÉ D'EXPOSITION DE LA POPULATION.

Le projet Écorecherche sur les impacts environnementaux de l'agriculture intensive dans les écosystèmes régionaux s'est déroulé dans 92 municipalités regroupées dans quatre régions du Québec: l'Île d'Orléans, Lanaudière, Nicolet-Yamaska et Portneuf. (*Carte 1*).

Dans le cadre de ce projet, la notion d'intensité des activités agricoles est liée l'importance des rejets d'origines agricoles pouvant affecter l'environnement et plus spécifiquement aux quantités d'azote pouvant être lessivé et affecter les nappes d'eau souterraines utilisées pour la consommation humaine.

La première source d'azote d'origine agricole provient de productions végétales annuelles qui, telles le maïs, les fruits et légumes et le tabac pour nos régions d'étude, nécessitent des apports de 100 à 170 kilogrammes d'engrais azotés par an et par hectare sous forme organique ou minérale.

La seconde source d'azote d'origine agricole provient des épandages répétés de fumiers et de lisiers originant des élevages de bovins laitiers et de boucherie, de porcs et de volailles. Ces élevages sont de plus en plus importants, de plus en plus spécialisés et de plus en plus concentrés spatialement (élevages dits "hors-sol").

Pour qualifier régionalement et localement l'intensité des activités agricoles, les informations en provenance du fichier d'enregistrement des exploitations agricoles du M.A.P.A.Q. (fichier GÉOEXTRA) ont été utilisées. Annuellement les exploitants agricoles doivent compléter cette fiche. Elle contient des informations sur leurs cultures (types et superficies), leurs élevages (types et nombre d'animaux) ainsi que sur les activités agro-forestières (érablières et boisés) ainsi que sur certaines de leurs pratiques agricoles (superficies d'épandage, achats d'engrais et de pesticides).

Pour évaluer le degré d'exposition des populations aux pratiques agricoles intensives, une typologie des 92 municipalités a été établie à l'aide de quelques unes de ces 166 variables concernant les 3 833 exploitations agricoles établies dans ces quatre régions.

Deux façons d'établir cette typologie ont été utilisées. Les municipalités sont de tailles diverses: le milieu physique ainsi que le nombre d'exploitations de chacune détermine la grandeur des superficies cultivables et qui sont effectivement.

La première méthode prend en compte l'importance des productions végétales intensives. Les superficies en hectares en maïs (grain, frais et transformé et d'ensilage), en fruits et légumes (dont la pomme de terre) et en tabac et le nombre d'animaux dans les élevages (nombre total d'unités animales) dans chaque municipalité.

La seconde méthode prend en compte le degré de concentration des productions végétales intensives. Le pourcentage des terres en cultures consacré au maïs, aux fruits et légumes et au tabac ainsi que le nombre d'animaux par hectare de terre cultivée (unités animales).

Dans un premier temps, les municipalités ont été regroupées en quatre classes d'intensité pour chaque type de production agricole (végétale et animale). Ces classes vont de faible à très forte selon l'importance des productions ou selon leur concentration. (*Tableau 1*).

L'addition des classes d'intensité des cultures et des élevages pour chacune des 92 municipalités permet d'établir une typologie finale en sept classes allant de faible à très forte (*Tableau 1*).

Pour l'ensemble des régions d'étude du Québec, le fait d'être résident d'une municipalité où l'intensité des activités agricoles est forte ou très forte influence très nettement la perception de l'agriculture comme activité dommageable à la qualité des eaux. (*Tableau 2*). Mais c'est cette perception est principalement due à la production porcine qui est très largement perçue comme l'activité agricole la plus dommageable pour l'environnement avant la pomme de terre et le maïs. (*Tableau 3*).

Cette perception des effets globaux de l'agriculture se prolonge au niveau local puisque dans les municipalités des quatre régions, c'est effectivement l'agriculture qui est la plus fréquemment mentionnée comme activité ayant localement un impact très important sur l'environnement (600 répondants sur 2204 ayant émis une opinion soit 27.0%) bien avant les résidents (349 répondants ou 15.8%) et les activités industrielles (271 répondants ou 12.3%). Rien que de bien normal dans des municipalités essentiellement agricoles. (*Tableau 4*)

Cette perception négative des impacts de l'agriculture intensive par les résidents se reflète partiellement dans leur stratégie de consommation d'eau pour palier à d'éventuelles contamination: la consommation d'eau embouteillée n'ayant que très peu de relation avec l'intensité des activités agricoles au niveau local alors que l'acquisition d'un appareil de traitement de l'eau est particulièrement lié à cette situation. (*Tableau 5*)

Cette première évaluation de l'impact des activités agricoles intensives au niveau régional, est fragmentaire puisque les informations sur le milieu physique et la localisation des producteurs et des répondants au sondage n'a pu être faite à cette petite échelle.

Pour réaliser l'intégration des aspects physiques et anthropiques de l'agriculture intensive sur les écosystèmes et sur la population régionale ainsi que des différents volets de la recherche, l'utilisation d'un système d'information géographique a été retenue pour seulement l'une de ces régions, celle de Portneuf, car c'est dans celle-ci que la problématique de recherche avait été établie antérieurement (Paradis, D. et al, 1991).

## 2-LA RÉGION DE PORTNEUF: L'IMPORTANCE DU CONTEXTE RÉGIONAL.

Elle recouvre la partie méridionale de la M.R.C. de Portneuf et quelques municipalités limitrophes. À l'est de la M.R.C de Portneuf ont été ajoutées les municipalités de Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier (M.R.C. de la Jacques-Cartier) parce qu'il s'y effectue une importante production de pommes de terre ainsi qu'une partie du territoire agricole de Saint-Augustin-de-Desmaures où des terres sont exploitées par des agriculteurs de Neuville-Pointe-aux-Trembles. (Carte 8)

À l'ouest de la M.R.C. de Portneuf, les municipalités de Saint-Adelphe, Notre-Dame-de-Montauban et Lac-aux-Sables ont également été partiellement incluses car plusieurs parcelles de production de pommes de terre appartenant à des producteurs de la M.R.C. de Portneuf y sont localisées. Les municipalités de Sainte-Anne-de-la-Pérade et de Saint-Prospère ont également été incluses car elles sont situées pour partie dans le bassin versant de la rivière Sainte-Anne. (Carte 9)

### 2.1- Le système d'information de la région de Portneuf: buts et objectifs

Le système d'information géographique élaboré pour la région de Portneuf a pour but de favoriser l'intégration des données recueillies sur le territoire par les chercheurs des diverses disciplines, leur mise en relation avec les caractéristiques du milieu physique et socio-économique ainsi que les analyses et interprétations qui en ont été faites.

Ont été retenues et intégrées dans le S.I.G. les informations suivantes: (Girard et al., 1997): (Tableau 6)

- a-les informations permettant de caractériser le milieu physique (cartes géologiques, des dépôts de surface, pédologiques, hydrographique, topographiques ainsi que le fichier des puits)
- b-les informations photographiques sur le territoire (images satellitaires de 1995 et photographies aériennes noir et blanc au 1:40000 des années 1988 à 1994).
- c-les informations concernant l'utilisation du territoire extraites des cartes topographiques numériques au 1:20 000 et de l'interprétation des images satellitaires et photographiques.
- d-les informations provenant des diverses équipes de recherche notamment:
  - les questionnaires de l'enquête réalisée auprès des 15 producteurs régionaux de pommes de terre de la région ainsi que la localisation de leurs 650 parcelles de production réparties sur l'ensemble du territoire.
  - les questionnaires de l'enquête téléphonique réalisée par téléphone auprès de 736 ménages de la région sur la perception des questions environnementales et sur les habitudes de consommation d'eau réalisée par téléphone auprès de la population régionale.
  - les résultats de 71 analyses de la qualité des eaux effectuées par l'équipe des chercheurs en sciences de la santé parmi les répondants à l'enquête téléphonique. Un suréchantillonnage de puits a été effectué à l'hiver 1996 dans certaines zones sensibles et ajoutés à ce premier groupe de puits (104 puits). Les puits et piézomètres analysés à la Direction du Ministère de l'Environnement et de la Faune de 1991 à 1995 ont également été intégré au S.I.G.

e-les informations sur l'utilisation agricole du territoire (carte des zones défrichées), sur les exploitations agricoles en activité (fichier GÉOEXTRA 1995 du M.A.P.A.Q.).

f-les informations socio-économiques sur l'organisation, l'aménagement et l'administration du territoire (cartes des découpages administratifs, des zonages municipaux, des réseaux de transport et d'aqueduc, des sites d'activités industrielles, extractives et d'enfouissement, des bâtiments résidentiels, agricoles et publics).

Le S.I.G. permet la mise en relation de ces diverses informations pour fin d'analyse des effets de milieu (caractéristiques zonales), de site (caractéristiques ponctuelles) et de situation (position relative du site dans les diverses zones).

Les trois bases de données originales provenant des équipes de recherche ont ensuite pu être associées aux informations sur la région d'étude selon les besoins des chercheurs:

-influence des caractéristiques du milieu physique et des types d'utilisation du sol sur les perceptions et les attitudes des résidents face aux problèmes environnementaux et à leurs stratégies.

-rôle de la distance, de la proximité, de la contiguïté ou de la conjugaison des diverses activités dans la perception et la cohabitation des résidents avec les autres acteurs régionaux (agriculteurs, industriels, autres résidents, etc..).

Le S.I.G. avait également pour but d'intégrer les différents modèles d'analyse des groupes de recherche en génie rural (E.P.I.C.), en hydrogéologie (MUDFLOW), et en économie rurale.

## 2.2-Le S.I.G.: territoire et outils

Le choix de l'échelle d'analyse (1:20 000) a été fait en fonction du degré de précision désiré pour ce type de recherche où les facteurs environnementaux doivent être appréhendés à très grande échelle ( $\pm 10$  mètres pour la localisation des parcelles en cultures, des puits et des bâtiments).  
(Carte 10)

Les données géographiques incluses dans le S.I.G. proviennent de fichiers publics (cartes topographiques numériques au 1:20 000, fichier GÉOEXTRA des exploitations agricoles du M.A.P.A.Q., fichier des puisatiers du M.E.F.Q., etc..) (Girard, M. et al., 1997).

La localisation des exploitants et des résidents a été réalisée par l'équipe de géographie en collaboration avec les chercheurs des sciences de l'agriculture, des techniciens du M.A.P.A.Q. et avec la collaboration d'administrateurs municipaux.

Bien qu'elle puisse jouer un rôle important dans le cycle régional de l'azote, la couverture forestière du territoire n'a pas été détaillée dans le S.I.G. Les types de peuplements forestiers et leurs perturbations (coupes à blanc, feux, chablis, etc..) n'auraient pu être analysés sans que soient cartographiées les parties amont des bassins versants de deux des principales rivières qui traversent la région, la Jacques-Cartier et la Sainte-Anne, ce qui dépassait les besoins du projet de recherche.

### 2.3-Le milieu Portneuvois

La région d'étude s'étend sur un territoire d'environ 2500 km<sup>2</sup> compris entre 71°30' et 72°30' de longitude ouest et 46°30' et 47°00' de latitude nord.

Elle recouvre trois entités physiques principales: les basses-terres du Saint-Laurent, le piémont et les collines du plateau laurentien.

Les basses terres et le piémont d'une altitude inférieure à 200 m sont recouverts de dépôts marins et fluviaux mis en place lors de la déglaciation et de la transgression marine de la mer de Champlain (Parent et Occhietti, 1988). Les collines du plateau laurentien sont recouvertes de moraines de fond peu ou pas remaniées. (*Carte 11*)

Le réseau hydrographique comprend les parties méridionales des bassins versants des rivières Jacques-Cartier (475.9 km<sup>2</sup>) et Sainte-Anne (1294.8km<sup>2</sup>) ainsi que la totalité des bassins des rivières Portneuf (356.5km<sup>2</sup>), Belisle (42.5km<sup>2</sup>), Ruisseau-du-Moulin (110.7km<sup>2</sup>), Rivière-du-Moulin (40.3km<sup>2</sup>), Petit-Moulin-à-la-Scie (14.9km<sup>2</sup>), Dorvilliers (21.9km<sup>2</sup>) et de sous bassins du Saint-Laurent, sous bassins drainés par de courts ruisseaux ou par des fossés. Cinq sous bassins s'étendent de Saint-Anne-de-la-Pérade à Neuville: Saint-Laurent-Sainte-Anne (5.1km<sup>2</sup>), Saint-Laurent-Grondines (12.3km<sup>2</sup>), Saint-Laurent-Deschambault (3.9km<sup>2</sup>), Saint-Laurent-Portneuf (21.7km<sup>2</sup>), Saint-Laurent-Cap-Santé (13.7km<sup>2</sup>) et Saint-Laurent-Neuville (83.1km<sup>2</sup>). Une partie seulement de la rive gauche du bassin de la rivière Batiscan est incluse dans le territoire (803.4km<sup>2</sup>). (*Carte 12*).

L'occupation humaine est concentrée dans les basses-terres et le piémont. Une fraction seulement du territoire a été défrichée sur le plateau. En tout ce sont 58 446 hectares qui ont été défrichés sur la totalité des bassins de ce territoire (23.1%). Deux cent douze (212) "clairières" dont la superficie va de 2 à 3 736 hectares forment cet espace défriché. Seulement une trentaine de celles-ci ont des superficies supérieures à 1 000 hectares.

Les dépôts de surface sont très hétérogènes dans les basses terres et le piémont, allant des argiles marines très fines aux tills remaniés en passant par les limons et les sables. La transgression marine a été de courte durée après la disparition de la calotte glaciaire. Elle a laissé d'importants dépôts sableux dans la zone de piémont, dépôts qui proviennent du délavage des matériaux morainiques. Ils ont été plus ou moins remaniés par l'action marine littorale. Ces dépôts sableux ont été mis en place aux embouchures des rivières Jacques-Cartier, Saint-Anne et Batiscan sous forme de vastes épandages deltaïques qui ont été entaillés par les cours d'eau lors de la baisse du niveau marin et remaniés par l'érosion éolienne. (*Carte 13*)

En dessous de 120 mètres d'altitude, les argiles et les limons prédominent mais on retrouve également quelques placages superficiels d'alluvions sableuses plus récentes. Ces sols, sauf sur de très petites superficies, conviennent peu à la culture intensive de la pomme de terre.

Entre 120 mètres et 150 mètres d'altitude, les sables se révèlent particulièrement propices à la culture de la pomme de terre car celle-ci nécessite des textures grossières tels des limons sableux, des sables fins à moyens ou des loams sableux et sablo-graveleux. La production de pommes de terre s'effectue presque exclusivement sur les sols des séries Bévin, Deligny, Ivry, Morin, Pont-Rouge, Sorel et Uplands. (*Carte 14*)

Ces sols sableux ont été défrichés et occupés tardivement à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle et au début du XX<sup>e</sup>. Ils sont d'une fertilité médiocre en raison de leur drainage excessif du à leur texture grossière, de leur acidité, de leur faible proportion en matière organique et de leur degré élevé d'érosion éolienne ou pluviale (en nappe ou par ravinement).

Parmi les sols propices à la culture de la pomme de terre déjà défrichés, peu sont encore disponibles pour de futures expansions des superficies de production. Le défrichage de terres boisées et la remise en production d'anciennes friches agricoles a même du être effectuée par plusieurs producteurs afin d'accroître leurs productions (*Tableau 7*).

Les aires de culture de la pomme de terre sont donc dispersées le long d'un piémont de plus de 70 kilomètres de long. Elles sont situées à des distances de plusieurs kilomètres les unes des autres et localisées dans les différents bassins versants des rivières Jacques-Cartier, Portneuf, Saint-Anne et Batiscan. Il n'y a donc pas de concentration régionale de la production mais une concentration locale limitée à quelques zones agricoles.

#### 2.4-Le milieu humain

Outre les activités agricoles, certaines autres activités humaines peuvent avoir une incidence sur le cycle régional de l'azote et l'éventuelle contamination des nappes par les nitrates. L'agriculture, les activités urbaines et para-urbaines, les sites industriels et de disposition des déchets, les réseaux de transport et de communication, les sites de loisirs occupent 113 962 hectares (*carte 15*).

##### *2.4.1-Les activités non agricoles*

La population totale des municipalités de la région d'étude en 1995 était de 52425 habitants. Le fait principal concernant l'utilisation du sol dans cette région tient au processus de périurbanisation en cours dans les municipalités les plus proches de la Communauté urbaine de Québec. Les municipalités de Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier, Neuville et Pointe-aux-Trembles, Saint-Raymond Paroisse et Village ainsi que Pont-Rouge et Sainte-Jeanne-de-Pont-Rouge ont connu et connaissent encore une forte progression de leur population (+48.3% de 1971 à 1995) alors que les autres municipalités ont vu leur population croître seulement de 10.6% et pour certaines d'entre elles, la population a même

diminué.

Trois de ces municipalités en phase de périurbanisation ont d'importantes superficies en culture de la pomme de terre sur leurs territoires: Saint-Raymond-de-Portneuf, Pont-Rouge et Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier. La quatrième, Neuville-Pointe-aux-Trembles, a une forte production horticole principalement en maïs frais destiné au marché régional.

Ce processus de périurbanisation s'est déroulé différemment dans le temps et dans l'espace selon les municipalités. Il a d'abord affecté Neuville et Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier avant de toucher Pont-Rouge et Sainte-Jeanne-de-Pont-Rouge puis plus tardivement Saint-Raymond-Village et Paroisse. Spatialement, il a été contenu dans les limites des périmètres d'urbanisation depuis 1984 dans les municipalités de Pont-Rouge et Neuville alors que dans les deux autres municipalités, les constructions résidentielles se sont faites parfois par de petits développements résidentiels à la périphérie des villages ou de façon ponctuelle le long des axes routiers. Ces nouvelles constructions sont situées soit à proximité soit directement en milieu agricole (Bédard,P., 1997).

Ces municipalités ont encouragé l'expansion résidentielle par une politique de promotion vantant la qualité de vie en milieu rural, comme le font d'ailleurs la plupart des municipalités de la zone périurbaine, contribuant ainsi à l'étalement urbain. Ces marges de l'espace urbain viennent ainsi en contact avec des zones où l'agriculture intensive est déjà bien implantée. Le processus est identique à l'île d'Orléans avec la production horticole et sur la rive sud de Québec avec la production porcine (Planchenault,M, 1997).

Les constructions résidentielles situées hors des périmètres d'urbanisation ne sont généralement pas raccordées à des réseaux d'approvisionnement en eau par aqueduc et d'évacuation des eaux usées. Ces résidences sont situées en zones boisées ou en zones agricoles et elles constituent une pression du milieu urbain en milieu agricole. Leur densité à l'hectare a été évaluée pour chaque zone agricole défrichée à l'aide du nombre de bâtiments résidentiels inventoriés sur les cartes topographiques numériques au 1:20 000 (5 783 résidences pour l'ensemble des zones agricoles). Cette pression urbaine est surtout remarquable dans les quatre municipalités de la partie est de la région d'étude. Elle varie de 3 à 49 résidences au kilomètre carré avec une moyenne de 11 résidences au kilomètre carré. (*Carte 16*).

Les autres activités non agricoles qui peuvent avoir un impact sur le milieu sont les activités industrielles, les sites et les aires d'enfouissement des déchets et des boues de fosses septiques et les utilisations pour des fins récréatives (camping, golf, etc..).

En tenant compte du degré de sensibilité de la population régionale face aux nuisances

environnementales lors de l'enquête téléphonique, nous avons établi des aires d'impacts des sites industriels et des sites d'enfouissement régionaux.

Des périmètres de 5, 25, 100 et 500 hectares ont été retenus pour les entreprises industrielles selon le nombre d'employés impliqués dans les activités de fabrication (19 employés et moins, 20 à 49 employés, 50 à 99 employés, plus de 100 employés).

Pour les sites d'enfouissement (dépôts de neige usée, de déchets dangereux, de boues de fosses septiques, de matériaux secs, d'enfouissement sanitaire) un périmètre uniforme de 100 hectare a été retenu. Les superficies totales de ces aires d'impacts industriels et d'enfouissement sont respectivement de 4 311 hectares et de 1 200 hectares et elles recouvrent principalement les zones urbaines (2.8% de la superficie du territoire de recherche, moins de 1% des zones agricoles). (*Carte 17*)

### 2.5-Les activités agricoles

Bien que l'agriculture soit pratiquée de façon intensive au niveau de l'exploitation agricole, elle est réalisée sur un territoire agricole très fragmenté et elle est dispersée sur ce territoire de près de 2500 km<sup>2</sup>.

Sur ces sols hétérogènes et sur ce territoire morcelé topographiquement, l'agriculture s'est développée d'abord sur les basses terres dès le XVII<sup>e</sup> siècle puis s'est diffusée vers le piémont au XIX<sup>e</sup> et vers le plateau pendant les années de crise des années 1930 et lors de la dernière guerre mondiale à la fin de laquelle l'occupation du territoire avait atteint son expansion maximale. Ce territoire agricole s'est rapidement "déconstruit" en quelques décennies de la fin de la seconde guerre mondiale au début des années 1980.

La culture de la pomme de terre s'est surtout développée dans la zone de piémont, sur des terres moins fertiles qui avaient été en partie délaissées au cours des années 1950-1970 lorsque le "règne" des activités agro-forestières s'était achevé.

Selon le fichier GÉOEXTRA du ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'Alimentation du Québec, il y avait 757 agriculteurs en activité en 1995 dans la région d'étude. Parmi ceux-ci, 89 sont des acériculteurs ou des producteurs de plants forestiers ou d'arbres de Noël situés en zones forestières. Il demeure 668 agriculteurs qui sont localisés dans les zones défrichées et qui déclarent des superficies agricoles totales de 64 264 hectares dont 26 784 hectares sont boisés, en érablières ou des terres impropres à l'agriculture. (*Cartes 19 et 20*)

C'est la production laitière qui est dominante et omniprésente dans la région (12 100 vaches laitières, 46.6% des exploitations) (*Tableau 9*). L'élevage de bovins de boucherie (5 370 bovins dont 3 760 en finition, 14.3% des exploitations) est la deuxième production. Ces deux productions sont caractérisées par un système de cultures où prédominent les fourrages, les pâturages et quelques céréales d'ensilage. Quelques exploitants (8.6% des exploitations) sont d'ailleurs spécialisés uniquement dans ces grandes cultures sans faire d'élevage. En tout, ce sont 92.8% des superficies cultivées (37 129 hectares) qui étaient consacrées aux fourrages, pâturages et céréales en 1995 (*Tableau 10*).

Les exploitations horticoles (8.3% des exploitations) regroupent les producteurs maraîchers, les serres et autres productions florales et ornementales. Elles sont dispersées sur le territoire avec de faibles concentrations dans quelques zones (Neuville, Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier, Saint-Ubalde, Portneuf). Elles mettent en culture 2 871 hectares dont 2 283 étaient en pommes de terre en 1995.

Il y a une vingtaine d'élevages "hors sol" (6.2% des exploitations) de volailles (522 000 poulets de grill, 12 000 dindons), de porcs (9 318 porcs à l'engraissement) et de bovins (3 960 bovins dans 3 parcs de finition)

### 2.5.1-L'agriculture intensive

Dans le cadre de la recherche nous avons considéré que les productions agricoles intensives sont celles qui ont besoin de quantités importantes d'azote ou qui génèrent des apports importants d'azote dans l'environnement.

Pour les productions végétales, deux catégories de cultures ont été retenues: (*Carte 21*)

Les cultures pérennes qui regroupent les fourrages (22 534 hectares) et les pâturages améliorés (6 842 hectares). Ces grandes cultures ne requièrent qu'une quarantaine de kilogrammes d'azote à l'hectare en moyenne (C.P.V.Q., 1996, p.65). La principale variation dans les quantités d'azote appliquée tient à la proportion de graminées dans ces grandes cultures.

Les cultures annuelles regroupent les céréales qui ne requièrent que 80 kilogrammes d'azote à l'hectare en moyenne (faible intensité). Elles sont cultivées pour leurs grains ou pour l'ensilage (9 795 hectares dont 5 972 en orge et 2 342 en avoine).

Elles regroupent aussi des céréales intensives qui nécessitent entre 120 et 170 kilogrammes d'azote à l'hectare en moyenne (cultures intensives). Les maïs grain, frais, transformés et d'ensilage sont dans cette catégorie qui est cultivée sur 2 673 hectares.

Elles regroupent également les productions horticoles (légumes, petits fruits, plantes ornementales: 167 hectares) qui nécessitent entre 35 et 175 kilogrammes d'engrais à l'hectare (cultures intensives). Les trois principales cultures qui sont effectuées dans Portneuf, les fraises, les carottes et les asperges, commandent environ une centaine de kilogrammes d'azote chacune.

Au sein de ces production horticoles, la pomme de terre est réalisée sur 2 283 hectares et elle nécessite entre 135 et 175 kilogrammes d'azote à l'hectare.

Les élevages intensifs ont été évalués en unités animales par hectare de terre en culture. (*Carte 22*)

### *2.5.2-La culture de la pomme de terre*

Dans le territoire de recherche, la culture de la pomme de terre s'est développée sous une forme intensive surtout depuis 1971. Elle est ainsi passée de quelques 600 hectares en 1951 à 700 hectares en 1971 puis à 1 366 en 1976, à 2 078 en 1981 et 2 270 en 1995. Mais alors que la production était le fait de plusieurs centaines de petites exploitations familiales au cours des années 1950-70. Elle est maintenant concentrée: 30 exploitations spécialisées ont des superficies allant de 10 à 324 hectares, 22 autres producteurs de la région cultivent moins de 5 hectares.

Nous pouvons distinguer trois types de municipalités où s'effectue la culture de la pomme de terre dans la région de Portneuf:

1-les municipalités de Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier et de Saint-Ubalde où une quasi monoculture de la pomme de terre se pratique puisque dans ces deux municipalités la proportion des terres consacrées à la culture de la pomme est supérieure à 30% de toutes les terres en culture.

2-les municipalités de Saint-Raymond-de-Portneuf, de Pont-Rouge/Sainte-Jeanne-de-Pont-Rouge, de Sainte-Christine-de-Portneuf et de Saint-Alban où des superficies importantes sont consacrées à la culture de la pomme de terre mais où elles ne représentent que de 4 à 10 % de toutes les terres cultivées.

3-Les municipalités de Saint-Basile, de Saint-Léonard et de Saint-Casimir où la culture de la pomme de terre ne concerne que des superficies inférieures à 1% des terres cultivées.

### 2.6-La sensibilité de la population aux impacts de l'agriculture.

La perception de la dégradation de l'écosystème régional par la population reflète, à défaut d'une mesure réelle de l'état de dégradation, une certaine évaluation du milieu dans lequel elle réside,

de l'évolution de la relation entre cette société et son environnement.

Parmi les répondants à l'enquête téléphonique menée sur le terrain 656 ont accepté de donner leur adresse et ont été localisés à leur lieu de résidence dans le territoire de recherche. (*Carte 18*)

Leur perception de l'état de dégradation de leur environnement est très variable : 456 se disent très préoccupés par les problèmes de dégradation environnementale, 153 moyennement et 46 peu. Ce niveau de préoccupation rejoint celui sur le chômage (456 beaucoup, 115 peu et 71 peu) et sur la dette (440 beaucoup, 128 moyennement et 88 peu) et il est supérieur aux préoccupations sur la question constitutionnelle (306 beaucoup, 214 moyennement, 118 peu).

Mais la préoccupation pour les questions environnementales n'est principale que pour un nombre limité de résidents: seulement 38 d'entre eux se disent plus préoccupés des questions environnementales que de toute autre question. Ils sont beaucoup préoccupés par la dégradation environnementale mais moyennement ou peu préoccupés par les questions de chômage, de dette et de constitution. Il ne semble donc pas avoir dans cette région de problème environnemental majeur autour duquel se cristalliserait l'intérêt des résidents.

Parmi les problèmes environnementaux mentionnés le plus fréquent concerne la qualité des eaux de surface (148 répondants identifient ce problème) suivi de la qualité de l'air (110 répondants). La qualité des eaux souterraines n'est mentionnée que par 22 répondants et celle de l'eau potable par 34. (*Tableau 8*)

Selon ce sondage, ce sont les activités industrielles, urbaines et para-urbaines (rejets urbains: fosses septiques, eaux d'égouts, déchets et dépotoirs) qui sont les principales causes de la dégradation environnementale avant l'agriculture et les activités de transport, de loisirs, les opérations forestières et les pluies acides.

Peu de résidents (5.2%) mentionnent la culture de la pomme de terre comme cause de dégradation environnementale.

### 3-LE BILAN AGRONOMIQUE RÉGIONAL DE L'AZOTE

Pour évaluer la pression environnementale régionale de l'agriculture intensive, le bilan agronomique de l'azote pour l'ensemble du système de production agricole de la région a été établi. (Rouffignat et al, 1998).

#### 3.1-Méthodologie

Les exploitations inscrites au fichier GÉOEXTRA du M.A.P.A.Q. ont été géoréférencées dans le Système d'information géographique régional et incluses dans les zones agricoles après vérification sur photographies aériennes et sur le terrain.

Pour fin d'analyse, les 212 espaces défrichés ont été regroupés après une interprétation des photographies aériennes et des relevés de terrain, en 52 zones agricoles homogènes (dites zones agroéconomiques) en fonction de leurs contiguïté (absence de ruptures spatiales majeures telles l'autoroute, les falaises, les cours d'eau importants, etc...) et de leur unité cadastrale et de circulation (présence de chemins de ferme, de ponts sur les petits cours d'eau).

Chacune de ces zones regroupent de 3 à 53 exploitations pour une moyenne de 13 exploitations par zone. Pour chacune de ces exploitations, l'ensemble des informations de production ont été incluses, soit 166 variables sur les superficies cultivées: en céréales (18), en fruits et légumes (55), en fourrages et pâturages (8), en productions végétales diverses (4), en cultures abritées, en contenants et de plein champs (30), en boisés, érablières et utilisations non agricole (9) et pour l'ensemble des élevages (37) ainsi que sur certaines pratiques agricoles telles les superficies d'épandage de fumiers, de travail réduit du sol et cultivées en engrais vert (5) ainsi que les dépenses annuelles en engrais et en pesticides (M.A.P.A.Q., fiche d'enregistrement des exploitations agricoles).

#### *-Les apports en azote:*

Le bilan agronomique de l'azote a été calculé pour chaque exploitation selon la méthode développée par Aubert Michaud (Michaud, 1997) dans son analyse de la gestion des engrais de ferme et des engrais minéraux dans le bassin versant de la rivière Boyer.

Les apports en azote pour chaque exploitation proviennent de trois sources principales: des engrais de ferme (fumiers et lisiers des animaux de ferme), des antécédents cultureux (résidus cultureux et engrais verts) et des engrais minéraux achetés.

Les apports des élevages sont calculés en tenant compte des pertes en éléments nutritifs lors de l'entreposage (volatilisation de l'ammoniac contenue dans les engrais de ferme au bâtiment ou à l'entreposage) (C.P.V.Q., 1995) (1).

(1) (Nb animaux par cheptel X valeur brute en N de l'engrais de ferme X coefficient d'efficacité X coefficient de perte à l'épandage (kg/animal/an) )

Les apports des antécédents culturels culturels (résidus culturels et engrais verts) sont calculés en tenant compte des superficies de ceux-ci ainsi que de la valeur moyenne de leur contribution (2).

$$(2) \text{ (superficie des cultures contributives en N (ha) X valeur N du précédent cultural (kg/ha-an))}$$

Pour évaluer les apports en engrais minéraux, la capacité d'épandage des engrais de ferme de l'exploitation a été établie (3) (i.e. de la proportion des besoins en azote pouvant être comblée par des engrais de ferme) ainsi que le coût théorique de fertilisation minérale sur l'exploitation.

$$(3) \text{ (Superficie des cultures pouvant accueillir des engrais de ferme (ha) X contribution maximale en N provenant des engrais de ferme (kg/ha-an))}$$

Ce coût est estimé en tenant compte de la différence entre la valeur monétaire des engrais de ferme et de la valeur des besoins en N des cultures en fonction du prix moyen des engrais azotés (4).

$$(4) \text{ [((Besoin N des cultures) - (Capacité d'épandage N)) X 0,90 \$/kg-N]}$$

Les besoins théoriques de fertilisation minérale sont ensuite évalués en fonction du rapport entre la capacité d'épandage de la ferme et de la valeur estimée des engrais de ferme (5).

$$(5) \text{-SI (Capacité d'épandage N) > (Valeur des engrais de ferme «moyen») (Besoin N des cultures (kg-N)) - (Valeur des engrais de ferme «moyen») (kg-N)}$$
$$\text{-SI (Capacité d'épandage N) < (Valeur des engrais de ferme «moyen») (Besoin N des cultures (kg-N)) - (Capacité d'épandage N (kg-N))}$$

#### *-Les besoins en azote*

Les besoins en azote pour les cultures sont évalués selon les recommandations de la grille de fertilisation du C.P.V.Q. (6).

$$(6) \sum (\text{Besoins en N de chaque culture X superficies de la culture})$$

#### *-Le bilan par exploitation*

Le bilan agronomique des apports et des besoins en azote pour chaque exploitation agricole a pu être ainsi calculé (7).

$$(7) \text{ Besoins en N des cultures - (apports en N des engrais de ferme + apports en N des antécédents culturels + apports en N des engrais minéraux)}$$

### 3.2-Bilan agronomique de l'azote: de la région à la parcelle

Le bilan agronomique de l'azote a été analysé à trois échelles: celle de la région, celle des bassins versants et celle des zones agricoles.

À l'échelle régionale (Tableau 11), on ne peut que constater une sous-fertilisation pour la grande majorité des exploitants. Il y a globalement un déficit de 186 478 kilogrammes d'azote pour les 646 exploitations. Un nombre limité d'exploitations présente un excédent des apports par rapport aux

besoins (*Tableau 12*). Un seul producteur présente de très importants apports en engrais de ferme (élevages intensifs) et deux producteurs de cultures en serre achètent de grandes quantités d'engrais azoté.

À l'échelle des bassins versants, l'impact des cultures intensives est relativement dilué puisque les terres non forestières n'occupent qu'une très faible superficie de ceux-ci (de 16.35 à 67.5% selon les bassins) ou ces parties méridionales des bassins de la Jacques Cartier et la Sainte-Anne (10.45 et 16.8%) (*Tableau 13*). Cette faible pression de l'agriculture sur le milieu est accentuée par le fait que les cultures annuelles n'occupent que 47.0% des terres.

Une large partie du domaine défriché (35.9% du territoire dit agricole) échappe totalement à l'analyse puisqu'il est possédé et exploité par des non-agriculteurs: résidents permanents et villégiateurs des diverses municipalités, producteurs à temps partiel et non enregistrés au fichier du M.A.P.A.Q. pour lesquels nous ne possédons aucune information sur les productions réalisées sur ces terres. Il s'y effectue cependant certaines activités agricoles domestiques ou commerciales nécessitant des apports d'azote (pâturages, fourrages, golf, etc..).

De 2 à 276 exploitations sont localisées dans chacun de ces bassins. Seul le sous-bassin Saint-Laurent où sont situées les municipalités de Neuville, Pointe-aux-Tremblés et Donaconna montre un excédent de fertilisation sur les besoins et notamment une utilisation importante de fertilisation minérale. Ceci tient à la forte concentration d'horticulteurs desservant le marché de Québec: le maïs frais, les légumes et petits fruits et quelques vergers y sont cultivés sur les terres abritées de la rive du Saint-Laurent.

Dans les autres bassins, les productions agricoles intensives telles que les cultures de pomme de terre et de maïs grain frais ou d'ensilage sont très dispersées et diluées dans un système de cultures consacré avant tout à la production laitière et à l'élevage extensif de bovins de boucherie. Ces deux productions ont des productions végétales dominés par les fourrages et les pâturages qui sont généralement sous fertilisés.

À l'échelle des zones agricoles, douze d'entre elles présentent des apports excédentaires par rapport aux besoins agronomiques (bilan massique à l'hectare) (*Carte 23*).

Dans sept de ces zones, les apports excédentaires d'azote sont supérieurs à 20 kg par an par hectare. Ce sont des zones où sont situés les élevages hors-sol (apports importants des engrais de ferme), des cultures en serres (achats d'azote minéral) ou la production de pommes de terre (achats d'azote minéral). Les quatre autres zones agricoles qui sont en situation légèrement excédentaire, incluent soit des exploitations horticoles, céréalières intensives (maïs) ou des élevages intensifs (porcs et bovins). (*Cartes 24 et 25*).

Les autres zones agricoles de la région présentent un bilan agronomique de l'azote équilibré ou déficitaires (40 zones).

Cette forte variation du bilan agronomique de l'azote dans la région montre la nature plus locale que régionale de l'impact environnemental de l'agriculture intensive dans un milieu aussi hétérogène et fragmenté que celui de Portneuf. Les périmètres à surveiller sont limités à quelques zones où se conjuguent à la fois l'intensité des élevages et des cultures mais aussi la forte sensibilité du milieu. De régionale, la gestion de l'incidence de l'azote sur les nappes serait à ramener au niveau local.

### 3.3-L'impact environnemental de l'agriculture intensive sur la qualité des eaux.

La contamination des puits par les nitrates est en partie liée à la présence d'activités agricoles intensives mais plusieurs autres facteurs naturels ou anthropiques présents sur le territoire ont également une incidence sur celle-ci.

L'enquête téléphonique conduite auprès des ménages de la région d'étude a permis d'évaluer le comportement de ceux-ci envers les questions environnementales, leurs perceptions de la situation régionale et locale, leurs modèles de consommation de l'eau et les stratégies de protection et d'intervention socio-politiques qu'ils ont développé.

Nous avons ainsi pu localiser sur le territoire et géoréférencer dans le système d'information géographique ces répondants. Cette localisation a été faite avec l'aide d'inspecteurs municipaux sur les cartes topographiques au 1:20 000. Les vérifications faites sur le terrain ont montré une marge d'erreur de  $\pm 10$  mètres que pour ces localisations.

Parmi ces répondants au sondage téléphonique, 71 d'entre eux ont accepté qu'un prélèvement de leur eau de puits soit effectué et le taux de nitrate mesuré. Cette opération a été conduite à l'automne 1995 et à l'hiver 1996. De ces 71 puits, 4 n'ont pu être localisés pour des raisons de confidentialité (refus des répondants à fournir leur adresse).

Les puits de ces résidents, tant de type artésien que de surface présentent un taux moyen de nitrate plus élevé d'abord dans les zones résidentielles (1.81 mg/l et 2.66 mg/l), puis dans les zones agricoles (0.92 mg/l et 2.07 mg/l) et finalement dans les zones forestières (0.005 mg/l et 1.55 mg/l) (*Tableau 14*).

Le problème semble plutôt localisé en zones résidentielles que ce soit en milieu purement "urbain" (dans les villages), en milieu "rural" (habitat dense le long des rangs) ou encore en zones de villégiature (le long des cours d'eau et des lacs). L'incidence des activités humaines est notable lorsque la teneur en nitrate dépasse 3 mg/l (Levallois, 1998). C'est le cas de 5 des 22 puits artésiens en zones résidentielles contre 1 sur 10 en zones purement agricoles. Même constat pour les puits de

surface : 3 puits sur 16 en zones résidentielles dépassent ce niveau de 3 mg/l contre seulement 2 sur 10 en zones agricoles. (*Tableau 14*)

Dans les 52 zones agricoles de la région d'étude, 26 puits ont été échantillonnés et localisés à l'exclusion des zones résidentielles villageoises et des zones forestières (*Tableau 15*).

La teneur en nitrate des puits y est liée à la sensibilité des sols aux pratiques agricoles intensives. Selon les quatre classes de sensibilité établies pour les sols agricoles de la région, les seuils de 3 mg/l ne sont dépassés que sur les sols présentant une sensibilité forte à très forte (matériaux de surface grossiers, potentiels agronomiques pauvres à très pauvres et degré d'érosion sévère). Nous ne notons qu'une seule exception parmi les 14 puits situés hors de la classe de sensibilité très forte à forte. (*Carte 26*)

Les puits situés dans les zones agricoles qui présentent un bilan agronomique de l'azote positif sont plus affectés par les activités anthropiques (taux moyens de 3.21 mg/l pour les puits artésiens et de 2.99 mg/l pour les puits de surface. Mais il est surprenant de voir que les puits de surface présentant des taux relativement élevés (>3mg/l) de nitrates sont cependant situés dans les zones agricoles dites extensives. (*Tableau 16*)

Ceci nous renvoie à la ponctualité du phénomène puisque la distance aux parcelles de production agricole intensive (la distance envers les parcelles de pommes de terre) sont très significative de cette contamination mais que celle-ci décroît très rapidement au-delà de quelques dizaines de mètres (*Tableau 17*).

Dans ce tableau, les puits provenant soit du suréchantillonnage de zones sensibles par l'équipe santé du projet écorecherche et ceux du ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec (Paradis, 1997). On constate que le taux moyen de nitrate décline très rapidement avec la distance: au champ. Dans le champ, le taux est en moyenne de 7.53 alors qu'à sa proximité immédiate, le taux atteint 9.41 mg/l, puis décline à 7.94 mg/l entre 50 et 100 mètres ensuite l'effet des activités agricoles tant à se stabiliser: 3.54 mg/l entre 100 et 500 mètres, 3.84 entre 500 et 1000 mètres et 2.50 à plus de 1000 mètres.

Il faut aussi noter que ces taux de nitrate relevés chez les répondants à l'enquête téléphonique l'ont été à l'automne de 1995 i.e. après la période de production alors que les récoltes avaient été faites. Ils ne reflètent pas l'impact à court terme des diverses pratiques culturales d'application des engrais, des labours et autres méthodes culturales.

### Discussion

L'établissement du bilan agronomique de l'azote pour la région d'étude montre une forte dilution de l'impact des cultures intensives dans le milieu. À l'échelle régionale i.e. par bassins

versants, ces pratiques intensives sont diluées à cause de la fragmentation de l'espace agro-forestier dans les zones de piémont des Laurentides et des Appalaches où sont situés les sols propices à la production de pomme de terre. Seules quelques zones agricoles sont affectées par ces productions intensives (pommes de terre et maïs, horticulture) exigeantes en intrants chimiques. Ce qui ramène la mesure des impacts à l'échelle locale i.e. au niveau de ces zones agricoles affectées dont les sols sont particulièrement sensibles au lessivage des intrants.

Mais il demeure encore difficile de distinguer la part qui revient à l'agriculture dans la contamination des puits par les nitrates: ceux-ci semblent plus touchés en zones résidentielles qu'en zones agricoles. La présence de fosses septiques, la surfertilisation des pelouses et jardins domestiques, la qualité de la construction des puits sont certainement des variables importantes qui ramènent le phénomène à une échelle plus ponctuelle puisque certains puits situés à quelques dizaines de mètres les uns des autres présentent des taux de nitrates très différents les uns des autres (de nul à plus de 10 mg/l).

Les quelques informations dont nous disposons sur la construction des puits de surface semblent indiquer que ceux dont les parois sont en matériaux naturels (bois, terre ou sable) présentent des taux élevés de nitrate: sur 7 puits de surface de ce type, 2 ont des taux supérieurs à 10mg/l, 2 sont compris entre 3 et 10 mg/l et 3 ont des taux inférieurs à 3 mg/l. Mais le nombre de puits pour lesquels nous disposons d'une information est très limité dans notre échantillon (31 sur 71) (Chartrand, 1998).

En limitant la diffusion de l'habitat dans les zones agricoles, l'application de la loi du zonage agricole permet certainement de réduire les situations friction et de conflit entre les modes d'occupation du territoire en évitant le développement de sites résidentiels en milieu agricole. C'est sans doute l'un de ses effets secondaires: les modes de développement résidentiel dans les municipalités de l'est de la région d'étude (municipalités de Neuville-Pointe-aux-Trembles, Pont-Rouge/Sainte-Jeanne-de-Pont-Rouge, Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier et Saint-Raymond-de-Portneuf Paroisse et Village) ont eu un impact important sur l'évolution de l'habitat rural en favorisant soit une concentration de type banlieue, soit un mitage du territoire dans des zones où l'agriculture était en fort déclin et qui ne semblait pas présenter de contraintes au développement résidentiel à la fin des années 1980 alors que se développait localement une production agricole intensive sur des sols qui avaient été déjà abandonnés.(Planchenault, 1997)

## Références

- Bédard, P. (1997) Processus d'urbanisation de trois municipalités à l'ouest de la Communauté urbaine de Québec. Québec, Département de géographie, Université Laval, Mémoire de baccalauréat, non publié, 58 pages. Annexes
- Chartrand, Josée et alii (1998) La contamination de l'eau potable par les nitrates à l'île d'Orléans. Québec, mars 1998, article soumis pour publication à la revue Vecteur environnement
- Conseil des productions végétales du Québec Inc. 1995. Sols: coefficients d'efficacité des engrais de ferme. Bulletin technique no.22, Agdex 538. 18
- Conseil des productions végétales du Québec Inc. 1996. Grilles de référence en fertilisation. Agdex 540, 2e édition. 128 pages.
- Girard, M, Prével, C., Rouffignat, J., Thériault, M (1997) AGRIECOR. Guide de présentation du système d'information géographique (S.I.G.). Québec, Université Laval, Rapport interne du projet Éco-recherche, 146 pages.
- Levallois et al (1998) Groundwater contamination by nitrates associated with intensive potato culture in Quebec. Science for the Total Environment. 24 f. (Sous presse)
- Michaud, A. R. 1997. Activités agricoles du bassin de la rivière Boyer et analyse de la gestion des fertilisants. Journée annuelle Agri-gestion. Agri-gestion Laval. Québec, 5 décembre 1997. 19p.
- Paradis, D, Bernier, P.J. et P. Levallois (1991) Qualité de l'eau souterraine dans la M.R.C. de Portneuf. Rapport conjoint des ministères de l'Environnement et de la Faune, de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation et du département de Santé communautaire du Centre Hospitalier de l'Université Laval, 13 pages.
- Paradis, D. (1997) Qualité de l'eau souterraine en zone de culture intensive de la pomme de terre dans la M.R.C. de Portneuf. Québec, Ministère de l'Environnement et de la Faune, Direction régionale de Québec, 14 pages, annexes.
- Parent, M., Occhietti, S. (1988) Late Wisconsin Deglaciation and Champlain Sea Invasion in the St. Lawrence Valley, Québec. Géographie physique et quaternaire, Vo. 42, p.215-246
- Planchenault, Mélina (1997) L'évolution de l'agriculture périurbaine dans la région de Québec. Périurbanisation, agriculture intensive et environnement: processus, conflits et perspectives. Nantes, Institut de géographie et d'aménagement régional, Mémoire de maîtrise. Non Publié, 128 pages, annexes.
- Rouffignat, J., Michaud A, Thériault, M, Prével, C et Girard M. (1998) Agriculture intensive et impacts environnementaux: un bilan agronomique de l'azote dans la région de Portneuf. Article soumis pour publication à Environnement et sociétés

**Tableau 1**  
**Classes d'intensité des activités agricoles dans les municipalités.**  
**Régions d'étude. Québec**

<u>a) selon l'importance des activités agricoles intensives</u>		
	Superficies en cultures intensives	Nombre total d'unités animales
Très forte	1 > à 1000 ha	1 > à 4000 U.A.
Forte	2 500 à 999 ha	2 2000 à 3999 U.A.
Modérée	3 100 à 499 ha	3 1000 à 1999 U.A.
Faible	4 moins de 99 ha	4 <999 U.A.
<u>b) selon la concentration des activités agricoles intensives</u>		
	Pourcentage des cultures intensives sur l'ensemble des cultures	Unité animale par hectare
Très forte	1 > à 40%	1 > à 1 U.A.
Forte	2 de 20 à 39.9%	2 de 0.75 ET 0.99 U.A.
Modérée	3 de 5 à 19.9%	3 de 0.50 à .74 U.A.
Faible	4 < 5%	4 < .49 U.A.
<u>c) Typologie (somme des classes pour les cultures et élevages)</u>		
	Très forte	2
	Forte à très forte	3
	Forte	4
	Modérée à forte	5
	Modérée	6
	Faible à modérée	7
	Faible	8

**Tableau 2**

Perception de l'agriculture comme activité dommageable à la qualité des eaux.  
Régions d'étude. Québec

<b>a) selon l'importance des activités agricoles intensives</b>					
<b>Classes d'intensité</b>	<b>Très</b>	<b>Moyennement</b>	<b>Peu</b>	<b>n.s.p</b>	<b>Total</b>
Très forte	9	5	6	0	20
Forte à très forte	26	14	5	1	46
Forte	12	10	5	0	27
Modérée à Forte	60	54	26	4	144
Modérée	30	29	13	3	75
Faible à modérée	30	26	14	2	72
Faible	30	42	51	3	126
<b>Total</b>	<b>197</b>	<b>180</b>	<b>120</b>	<b>13</b>	<b>510</b>
Chi2: 38.124		P.Value: 0.0037			
<b>b) selon la concentration des activités agricoles intensives</b>					
<b>Classes d'intensité</b>	<b>Très</b>	<b>Moyennement</b>	<b>Peu</b>	<b>n.s.p</b>	<b>Total</b>
Très forte	7	6	4	0	17
Forte à très forte	15	7	6	0	28
Forte	30	36	21	2	89
Modérée à Forte	84	62	25	5	176
Modérée	39	34	20	2	95
Faible à modérée	19	33	35	4	91
Faible	3	2	9	0	14
<b>Total</b>	<b>197</b>	<b>180</b>	<b>120</b>	<b>13</b>	<b>510</b>
Chi2 = 46.105		P.Value: 0.0003			

**Tableau 3**

Types d'activités agricoles perçues comme dommageables à l'environnement.  
Régions d'étude. Québec.

a) selon l'importance des activités agricoles intensives							
Classes	Porcs	PDT	Lait	Maïs	Fruits et légumes	Autres	Total
Très forte	52	5	6	7	5	5	80
Forte à très forte	48	2	14	26	7	14	111
Forte	32	11	8	11	6	9	77
Modérée à Forte	108	92	35	31	8	22	296
Modérée	37	77	11	8	22	34	189
Faible à modérée	34	46	30	23	25	11	169
Faible	97	37	21	11	14	29	209
<b>Total</b>	<b>408</b>	<b>270</b>	<b>125</b>	<b>117</b>	<b>87</b>	<b>124</b>	<b>1131</b>

b) selon la concentration des activités agricoles intensives							
Classes d'intensité	Porcs	PDT	Lait	Maïs	Fruits et légumes	Autres	Total
Très forte	41	3	2	2	5	2	55
Forte à très forte	39	12	5	6	7	9	78
Forte	69	78	24	15	25	22	233
Modérée à Forte	133	75	43	54	34	61	400
Modérée	61	51	22	32	8	17	191
Faible à modérée	60	49	28	8	6	10	161
Faible	5	2	1	0	2	3	13
<b>Total</b>	<b>408</b>	<b>270</b>	<b>125</b>	<b>117</b>	<b>87</b>	<b>124</b>	<b>1131</b>

**Tableau 4**

Perception de l'agriculture comme activité dommageable à l'environnement  
dans la localité de résidence.  
Régions d'étude. Québec.

a) selon l'importance des activités agricoles intensives					
Classes d'intensité	Très	Moyennement	Peu	n.s.p	Total
Très forte	37	47	45	4	133
Forte à très forte	50	69	82	5	206
Forte	48	34	48	5	135
Modérée à Forte	149	207	211	33	600
Modérée	112	106	123	11	352
Faible à modérée	103	104	112	16	335
Faible	101	136	300	35	572
<b>Total</b>	<b>600</b>	<b>703</b>	<b>921</b>	<b>109</b>	<b>2333</b>
Chi2: 85.395                      P.Value: <0.0001					
b) selon la concentration des activités agricoles intensives					
Classes d'intensité	Très	Moyennement	Peu	n.s.p	Total
Très forte	29	29	27	2	87
Forte à très forte	49	35	38	4	126
Forte	121	151	152	22	446
Modérée à Forte	217	248	284	30	779
Modérée	100	117	155	16	388
Faible à modérée	79	113	226	32	450
Faible	5	10	39	3	57
<b>Total</b>	<b>600</b>	<b>703</b>	<b>921</b>	<b>109</b>	<b>2333</b>
Chi2: 83.883                      P.Value: <0.0001					

**Tableau 5**

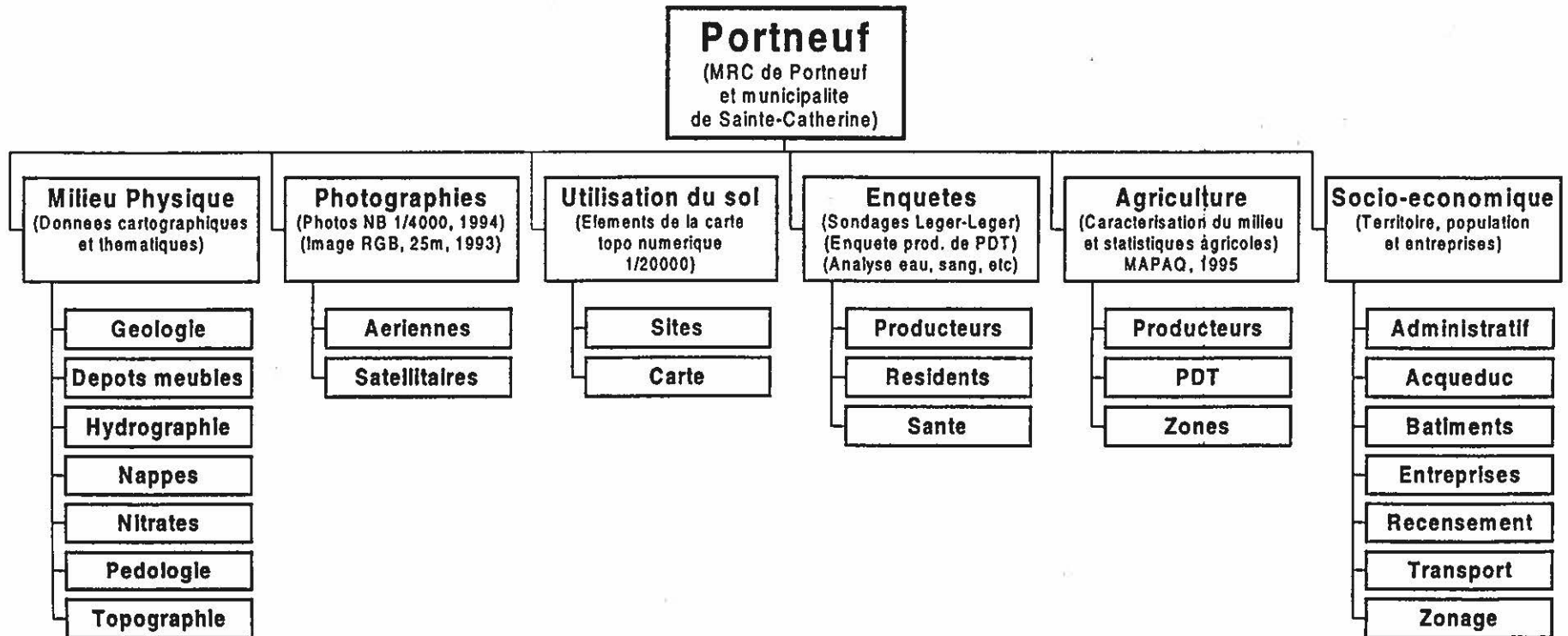
Intensité des activités agricoles dans les municipalités et consommation de l'eau embouteillée et traitée.  
Régions d'étude, Québec.

<b>a) selon l'importance des activités agricoles intensives</b>					
Classes d'intensité	Consommateurs d'eau embouteillée		Possesseurs appareils de traitement de l'eau		Total
	(N)	(en %)	(N)	(en %)	
Très forte	51	38.3%	40	30.1%	133
Forte à très forte	96	46.6%	29	14.1%	206
Forte	29	21.5%	24	17.8%	135
Modérée à Forte	255	42.5%	43	7.2%	600
Modérée	115	32.7%	38	10.8%	352
Faible à modérée	147	43.9%	69	20.6%	335
Faible	196	34.3%	47	8.2%	572
<b>Total</b>	<b>889</b>	<b>38.1%</b>	<b>290</b>	<b>12.4%</b>	<b>2333</b>

<b>b) selon la concentration des activités agricoles intensives</b>					
Classes d'intensité	Consommateurs d'eau embouteillée		Possesseurs appareils de traitement de l'eau		Total
	(N)	(en %)	(N)	(en %)	
Très forte	37	42.5%	25	28.7%	87
Forte à très forte	44	34.9%	21	16.7%	126
Forte	121	27.1%	51	11.4%	446
Modérée à Forte	374	48.0%	102	13.1%	779
Modérée	149	38.4%	38	9.8%	388
Faible à modérée	144	32.0%	44	9.8%	450
Faible	20	35.1%	9	15.8%	57
<b>Total</b>	<b>889</b>	<b>38.1%</b>	<b>290</b>	<b>12.4%</b>	<b>2333</b>

# SIG - structure et contenu



**Tableau 7**

Sols propices à la culture de la pomme de terre.  
Superficies défrichées et cultivées.  
Région de Portneuf

Séries	Superficie totale (en hectares)	Superficie défrichée (en hectares)	Superficie défrichée (en % sup. totale)	Superficie cultivée en pomme de terre (en hectares)	Superficie cultivée en pomme de terre (en % sup. défrichée)
Morin	16095.8	5431.3	33.7%	2719.5	50.1%
Pont-Rouge/Uplands	3172.0	854.9	27.0%	450.6	52.7%
Ivry/Bevin	2197.0	1165.0	53.0%	674.9	57.9%
Sorel/Deligny	2431.9	572.7	23.5%	403.2	70.4%
<b>Total</b>	<b>23896.6</b>	<b>8023.9</b>	<b>33.6%</b>	<b>4248.1</b>	<b>52.9%</b>

**Tableau 8**

Perception des divers types problèmes environnementaux et de leurs causes.  
Région de Portneuf

Problèmes		Causes	
Eaux de surface	148	Pomme de terre	34
Eaux souterraines	22	Agriculture	30
Eau potable	34	Industrie	113
Air	110	Rejets urbains	96
Bruit	12	Foresterie	10
Paysages	13	Loisirs	11
Sols	44	Transport	20
Faune et flore	17	Pluies acides	5
Autres	26	Aucune cause	337
Aucun problème	201		
NSP	29		
<b>Total</b>	<b>656</b>	<b>Total</b>	<b>656</b>

**Tableau 9**  
**Système de production agricoles.**  
**Nombre d'exploitations par types de production.**  
**Région de Portneuf.**

Types de production agricole	Pourcentage du revenu de l'exploitation provenant de la principale production				Total (nombre d'exploitations)	En %
	100 % (N)	de 75 à 99% (N)	50 à 74% (N)	moins de 50% (N)		
Céréales et fourrages	31	16	14	4	65	8.6%
Fruits et légumes	30	7	9	4	50	6.6%
Pommes de terre	6	18	1	1	26	3.4%
Cultures abritées et pépinières	7	13	8	0	28	3.7%
Acériculture	39	12	11	1	63	8.3%
Bovins Laitiers	261	82	7	3	353	46.6%
Bovins et veaux de boucherie	68	24	14	2	108	14.3%
Porcs	8	2	0	0	10	1.3%
Oeufs et volailles	4	2	3	0	9	1.2%
Élevages divers	24	3	1	0	28	3.7%
Autres productions	7	4	5	1	17	2.2%
<b>Total des exploitations</b>	<b>485</b>	<b>183</b>	<b>73</b>	<b>16</b>	<b>757</b>	<b>100.0%</b>

**Tableau 10**  
**Système de production agricole.**  
**Cultures et élevages.**  
**Région de Portneuf.**

Nombre d'exploitations agricoles		668
<b>Productions végétales</b>		<b>Hectares</b>
Superficies agricoles totales		64264
Superficies cultivées		37478
Cultures perennes		29376
	<i>Fourrages</i>	22534
	<i>Pâturages</i>	6843
Cultures annuelles		14847
	<i>Céréales (grain et ensilage)</i>	9795
	<i>Maïs (grain, frais, transformé et ensilage)</i>	2673
	<i>Fruits et légumes</i>	96
	<i>Pommes de terre</i>	2283
Superficies boisées		16828
Érablières		2033
Autres (plantes ornementales, pépinières, etc..)		1006
Superficies improductives (friches, jachères, autres)		2185
<b>Productions animales</b>		<b>Nombre</b>
Élevage laitier		
	Vaches laitières	12100
	Autres	9898
Bovins de boucherie		8629
	<i>Extensif (vaches, veaux lourds, etc..)</i>	4211
	<i>Finition et semi finition</i>	4418
Porcs		14579
	<i>Porcs à l'engraissement</i>	9318
Volailles		635547
	<i>Poulets de grill</i>	522000
Chevaux		275
Ovins		1304

**Tableau 11**  
**Bilan agronomique régional de l'azote.**  
**Région de Portneuf.**

		<b>Producteurs agricoles</b>
<i>Nombre d'exploitations</i>		646*
<i>Superficies agricoles totales</i>	ha	42880
<i>Superficies en cultures pérennes</i>	ha	21534
<i>Superficies en cultures annuelles</i>	ha	14973
<b>Apports en N</b>		
des engrais de ferme**	kg/an	808190
des antécédents culturaux	kg/an	436827
de la fertilisation minérale	kg/an	1552302
<b>Apports totaux</b>	kg/an	<b>2797319</b>
<b>Besoins en N des cultures</b>		
des céréales et protéagineux	kg/an	807195
des pommes de terre	kg/an	365700
des fourrages	kg/an	2210202
des autres cultures	kg/an	-3200564
<b>Besoins totaux</b>	kg/an	<b>3420624</b>
<i>Bilan massique de l'azote***</i>	kg/an	<b>-623306</b>
<i>Bilan massique par hectare (cultures annuelles)</i>	kg/an	<b>-41.63</b>

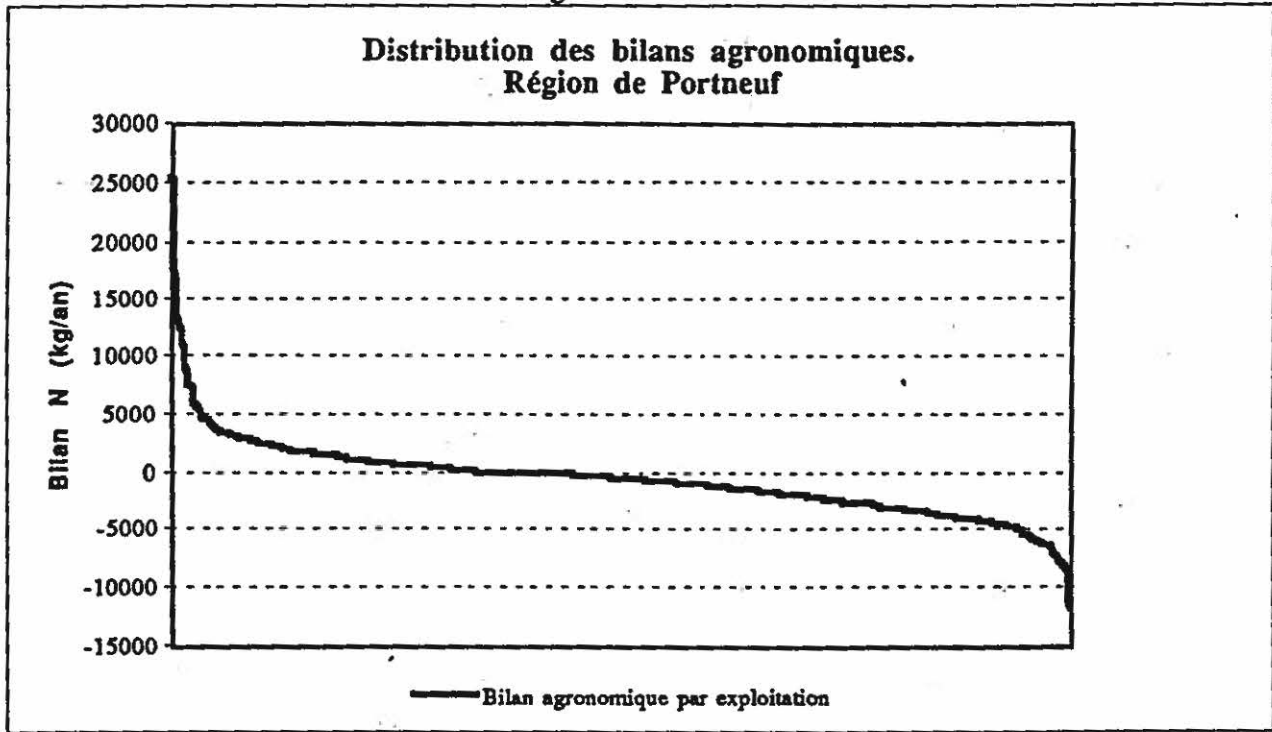
\* 646 exploitations ont pu être localisées sur un total de 668

\*\* Valeur fertilisante des engrais de ferme lors de l'épandage

\*\*\* Apports moins besoins

**Tableau 12**

**Bilan agronomique régional de l'azote.  
Exploitations excédentaires et déficitaires.  
Région de Portneuf.**



**Tableau 13**  
**Bilan agronomique de l'azote par bassins versants.**  
**Région de Portneuf.**

	Sainte-Anne	Dorvilliers	Saint-Laurent (sainte-Anne)	Petit Moulin à la Scie	Rivière du Moulin	Saint-Laurent (Grondines)	Ruisseau du Moulin
<i>Superficie (en km2)</i>	1294.8	21.9	5.1	14.9	40.3	12.3	110.7
<i>Superficie agricole (en ha)</i>	26658.7	1083.4	371.6	579.1	1474.9	775.3	4072.2
<i>Superficie cultivée (en ha)</i>	21728.1	836.4	344.4	285.9	961.3	231.6	2679
<i>Nombre d'exploitations agricoles</i>	276	13	9	4	11	4	45
<b>Apports en N (en Kg/an)</b>							
des engrais de ferme*	472958	8780	5317	2482	11810	2849	46457
des antécédents culturaux	208295	6882	2758	3813	10609	2105	24708
de la fertilisation minérale	748613	30046	7470	642	25723	2954	69227
<b>Apports totaux</b>	<b>1429865</b>	<b>45789</b>	<b>15544</b>	<b>6937</b>	<b>48143</b>	<b>7988</b>	<b>148392</b>
<b>Besoins en N des cultures</b>							
des céréales et protéagineux	493922	19031	2515	3080	8830	2871	31954
des pommes de terre	174975	0	0	0	19500	0	15
des fourrages et pâturages	1101431	48692	27236	17589	68905	19470	184087
des autres cultures	2177	256	1317	0	560	115	30
<b>Besoins totaux</b>	<b>1772505</b>	<b>67979</b>	<b>31868</b>	<b>28669</b>	<b>97795</b>	<b>22456</b>	<b>216886</b>
<b>Bilan massique total**</b>	<b>-342639</b>	<b>-22270</b>	<b>-15523</b>	<b>-13732</b>	<b>-49652</b>	<b>-14548</b>	<b>-75694</b>
<b>Apports en N (en kg/an/ha)</b>							
des engrais de ferme*	21.8	10.5	15.4	8.7	12.3	12.3	17.3
des antécédents culturaux	9.6	8.2	8.0	13.3	11.0	9.1	9.2
de la fertilisation minérale	34.5	35.9	21.7	2.2	26.8	12.8	25.8
<b>Apports totaux à l'hectare</b>	<b>65.8</b>	<b>54.6</b>	<b>45.1</b>	<b>24.3</b>	<b>58.1</b>	<b>34.1</b>	<b>52.4</b>
<b>Besoins totaux à l'hectare</b>	<b>81.6</b>	<b>81.3</b>	<b>98.2</b>	<b>72.3</b>	<b>191.7</b>	<b>97.0</b>	<b>88.7</b>
<b>Bilan massique à l'hectare</b>	<b>-15.8</b>	<b>-26.6</b>	<b>-45.1</b>	<b>-48.0</b>	<b>-51.7</b>	<b>-62.8</b>	<b>-28.3</b>

	Saint-Laurent (Deschambault)	Bellefleur	Saint-Laurent (Portneuf)	Portneuf	Jacques-Cartier	Saint-Laurent (Cap-Saint)	Saint-Laurent (Neuville)
<i>Superficie (en km2)</i>	3.9	42.5	21.7	356.5	475.9	13.7	83.1
<i>Superficie agricole (en ha)</i>	248.4	1200.9	934	8121.8	8302.8	207.5	3554.4
<i>Superficie cultivée (en ha)</i>	63.4	976.8	687	6053.6	4938.6	247	1892.6
<i>Nombre d'exploitations agricoles</i>	2	15	14	102	91	3	43
<b>Apports en N (en Kg/an)</b>							
des engrais de ferme*	743	20136	10954	112160	65499	3277	31292
des antécédents culturaux	766	13248	7332	67317	53778	2607	23079
de la fertilisation minérale	811	7967	10454	211505	238378	0	64008
<b>Apports totaux</b>	<b>2320</b>	<b>41351</b>	<b>28740</b>	<b>398982</b>	<b>357654</b>	<b>5883</b>	<b>118379</b>
<b>Besoins en N des cultures</b>							
des céréales et protéagineux	357	9526	2493	116639	82583	2005	22516
des pommes de terre	0	0	150	42345	127755	0	960
des fourrages et pâturages	1617	47782	49670	277673	212193	17083	59066
des autres cultures	357	0	568	2030	6880	0	23239
<b>Besoins totaux</b>	<b>2331</b>	<b>57308</b>	<b>57308</b>	<b>438687</b>	<b>429411</b>	<b>19088</b>	<b>105781</b>
<b>Bilan massique total**</b>	<b>-11</b>	<b>-15957</b>	<b>-28568</b>	<b>-47704</b>	<b>-71757</b>	<b>-13205</b>	<b>12598</b>
<b>Apports en N (en kg/an/ha)</b>							
des engrais de ferme*	11.7	20.6	15.9	18.5	13.3	13.3	16.5
des antécédents culturaux	12.1	13.6	-11.1	11.1	10.9	10.6	12.2
de la fertilisation minérale	12.8	8.2	15.2	34.9	48.3	0.0	33.8
<b>Apports totaux à l'hectare</b>	<b>36.6</b>	<b>42.3</b>	<b>42.3</b>	<b>64.6</b>	<b>72.4</b>	<b>23.8</b>	<b>62.5</b>
<b>Besoins totaux à l'hectare</b>	<b>36.8</b>	<b>58.7</b>	<b>83.4</b>	<b>72.5</b>	<b>86.9</b>	<b>77.3</b>	<b>55.9</b>
<b>Bilan massique à l'hectare</b>	<b>-0.2</b>	<b>-16.3</b>	<b>-41.2</b>	<b>-7.9</b>	<b>-14.5</b>	<b>-53.5</b>	<b>6.7</b>

\* valeur fertilisante des engrais à l'épandage

\*\* apports moins besoins

**Tableau 14**

Types d'utilisation du sol et taux de nitrate dans les puits.  
Région de Portneuf.

**Puits artésiens**

Catégories d'utilisation du sol	Nitrates Taux moyen	Nombre de puits N	Classes de teneur en nitrates		
			<3.0 mg/l N	3.0 à 9.9 mg/l N	> 10 mg/l N
Zones agricoles	0.92	10	9	1	0
Zones résidentielles	1.81	22	17	4	1
<i>dont: villages</i>	2.64	3	2	1	0
<i>rangs</i>	1.73	10	8	1	1
<i>villégiatures</i>	1.62	9	7	2	0
Zones forestières	0.005	2	2	0	0
Non localisés		2			
<b>Total</b>		<b>36</b>	<b>28</b>	<b>5</b>	<b>1</b>

**Puits de surface**

Catégories d'utilisation du sol	Taux de nitrates X	Nombre de puits N	<3.0 mg/l	3.0 à 9.99mg/l	> 10.0 mg/l
			N	N	N
Zones agricoles	2.07	10	8	1	1
Zones résidentielles	2.66	16	10	2	1
<i>dont: villages</i>	2.57	9	7	2	0
<i>rangs</i>	2.83	6	5	0	1
<i>villégiatures</i>	2.50	1	1	0	0
Zones forestières	1.55	7	6	1	0
Non localisés		2			
<b>Total</b>		<b>35</b>	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>2</b>

**Tableau 15**

Sensibilité des sols aux pratiques agricoles intensives et taux de nitrate dans les puits.  
Région de Portneuf.

**Puits artésiens**

Sensibilité aux pratiques agricoles intensives *	Nitrates Taux moyen	Nombre de puits N	Classes de teneur en nitrates		
			<3.0 mg/l N	3.0 à 9.9 mg/l N	> 10 mg/l N
Sols non agricoles	1.74	20	16	4	0
Sols agricoles					
1-sensibilité nulle à légère	0.26	3	3	0	0
2-sensibilité légère à modérée	0.13	3	3	0	0
3-sensibilité modérée à forte	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d
4-sensibilité forte à très forte	2.83	8	6	1	1
<b>Total</b>		<b>34</b>	<b>28</b>	<b>5</b>	<b>1</b>

**Puits de surface**

Sensibilité aux pratiques agricoles intensives	Nitrates Taux moyen	Nombre de puits N	Classes de teneur en nitrates		
			<3.0 mg/l N	3.0 à 9.9 mg/l N	> 10 mg/l N
Sols non agricoles	1.94	21	18	3	0
Sols agricoles					
1-sensibilité nulle à légère	0.11	1	1	0	0
2-sensibilité légère à modérée	2.45	5	4	0	1
3-sensibilité modérée à forte	0.03	2	2	0	0
4-sensibilité forte à très forte	5.83	4	2	1	1
<b>Total</b>		<b>33</b>	<b>27</b>	<b>4</b>	<b>2</b>

\*la sensibilité aux pratiques agricoles intensives des sols agricoles a été évaluée en tenant compte:

- de leurs textures (très fine, fine, grossière, très grossière)
- de leurs potentiels agronomiques (bonne à très bonne, moyenne à bonne, pauvre à moyenne, très pauvre à pauvre)
- de leur degré d'érosion pluviale ou éolienne (légère, modérée, sévère ou très sévère)

**Tableau 16**

Intensité des activités agricoles et taux de nitrate dans les puits.  
Région de Portneuf.

**Puits artésiens**

Intensité des pratiques agricoles	Nitrates Taux moyen	Nombre de puits N	Classes de teneur en nitrates		
			<3.0 mg/l N	3.0 à 9.9 mg/l N	> 10 mg/l N
Zones d'agriculture intensive *	3.21	7	5	1	1
Zones d'agriculture extensive	0.09	8**	8	0	0

**Puits de surface**

Intensité des pratiques agricoles	Nitrates Taux moyen	Nombre de puits N	Classes de teneur en nitrates		
			<3.0 mg/l N	3.0 à 9.9 mg/l N	> 10 mg/l N
Zones d'agriculture intensive	2.99	5	4	0	1
Zones d'agriculture extensive	2.56	8**	6	1	1

\* dont le bilan massique de l'azote par hectare cultivé est positif

\*\* incluant les habitants des zones résidentielles situées dans les rangs

**Tableau 17**

Distance au champ et taux de nitrate dans les puits.  
Région de Portneuf.

Distance à la plus proche parcelle de culture de pomme de terre	mg/l	Nb. de puits
Moins de 10m	7.53	n=38
10 à 49 m	9.41	n=22
50-99 m	7.94	n=10
100-499 m	3.54	n=25
500-999 m	3.84	n=24
Plus de 1000m	2.50	n=76