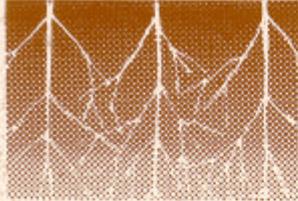




**I N V E N T A I R E
D E S P R O B L È M E S
D E D É G R A D A T I O N
D E S S O L S A G R I C O L E S
D U Q U É B E C**



R A P P O R T S Y N T H È S E



ENTENTE AUXILIAIRE CANADA-QUÉBEC SUR LE DÉVELOPPEMENT AGRO-ALIMENTAIRE

Canada

1990

Québec

INVENTAIRE DES PROBLÈMES DE DÉGRADATION DES SOLS AGRICOLES DU QUÉBEC

RAPPORT SYNTHÈSE

TABI, Marton, Ph.D. agronome, directeur du service des sols

TARDIF, Lauréan, M.Sc agronome-pédologue, directeur adjoint

CARRIER, Dominique, Ph.D. agronome-pédologue

LAFLAMME, Gérard, M.Sc., agronome-pédologue

ROMPRÉ, Michel, M.Sc., agronome-pédologue

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec.

Canada

1990

Québec

Gouvernement du Québec
Dépôt légal - 4^e trimestre 1990
Bibliothèque nationale du Québec
ISBN: 2-550-211161-8
Publication no: 90-130156

TABLE DES MATIÈRES

OBJECTIF

MANDAT

RÉALISATION

- Direction et rédaction
- Équipes techniques

COLLABORATION

- Équipe de laboratoire
- Composition graphique
- Équipe de secrétariat
- Informatique
- Méthodes statistiques
- Adjoint à la rédaction

REMERCIEMENTS

AVANT-PROPOS

LE QUÉBEC AGRICOLE

- Milieu physique
- Les régions agricoles du Québec
- Évolution récente de l'agriculture québécoise

MÉTHODE DE L'INVENTAIRE

- Introduction
- Énoncé des principes fondamentaux de la méthode
- Éléments de la méthode
- Modalité et nature des opérations
- Traitements statistiques

NATURE DES PHÉNOMÈNES, FACTEURS EN CAUSE ET NORMES D'ÉVALUATION

- Compactage
- Détérioration de la structure
- Acidification
- La matière organique du sol
- Niveau de matière organique
- Érosion hydrique
- Érosion éolienne
- Pollution

LES SOLS ÉTUDIÉS

- Les groupes de sols et les classes, texturales
- Énumération des séries ou types de sols étudiés

RÉSULTATS ET DISCUSSION A LA SÉRIE

- Série RIDEAU érodé
- Série SAINTE-ROSALIE argile lourde
- Série MORIN
- Série GREENSBORO
- Série SHERBROOKE

MODIFICATIONS DES PROPRIÉTÉS DES SOLS SELON LES MONOCULTURES

PHÉNOMÈNES OBSERVÉS

ENVERGURE DES PHÉNOMÈNES

RECOMMANDATIONS

CONCLUSION

ANNEXE 1: Guide pratique de conservation

TABLEAUX

- 1 :Superficies par région agricole
- 2 :Répartition selon les cultures par région agricole
- 3 :Classes de réaction selon le pH du sol
- 4 :Niveaux de matière organique du sol selon la texture
- 5 :Pertes de sol annuelles moyennes à trois stations d'essais situées respectivement au Lac Saint-Jean, dans le comté de Charlevoix et dans les Cantons de l'Est
- 6 :Résumé des recommandations pour prévenir l'érosion des sols en fonction de la pente
- 7 :Niveaux d'éléments minéraux évalués par la méthode Mehlich-3
- 8 :Classes de drainage et signification des symboles
- 9 :Topographie ou classes de pentes
- 10,1 :Caractéristiques des sols du groupe 1
- 10,2 :Caractéristiques des sols du groupe 2
- 10,3 :Caractéristiques des sols du groupe 3
- 11,1 :Modifications des propriétés des sols du groupe 1 selon les monocultures
- 11,2 :Modifications des propriétés des sols du groupe 2 selon les monocultures
- 11,3 :Modifications des propriétés des sols du groupe 3 selon les monocultures
- 12,1 :Nature de la dégradation des sols du groupe 1 et recommandations
- 12,2 :Nature de la dégradation des sols du groupe 2 et recommandations
- 12,3 :Nature de la dégradation des sols du groupe 3 et recommandations
- 13 :Envergure des phénomènes de dégradation des sols minéraux par la monoculture

FIGURES

- 1 : Répartition des terres améliorées selon l'utilisation agricole
- 2 : Répartition selon l'utilisation agricole des terres améliorées du Québec
- 3 : Répartition selon l'utilisation des terres améliorées des régions

- agricoles 4, 6, 7, 10 et 11
4 : Répartition selon l'utilisation des terres améliorées des régions agricoles 1, 2, 3, 5, 8, 9 et 12
5 : Répartition des monocultures entre les basses terres du Saint-Laurent et les autres régions physiographiques
6 : Classes texturales du sol
7 : Envergure des phénomènes de dégradation des sols du Québec
8 : Envergure des phénomènes selon les régions agricoles

CARTES

- 1 : Les réglons agricoles du Québec
2 : Le climat du Québec
3 : La distribution des Unités-Thermiques-Maïs(U T M)
4 : Les régions physiographiques du Québec méridional

OBJECTIF

L'objectif de l'inventaire est d'identifier les facteurs responsables de la dégradation de la qualité du sol agricole et de préciser la nature et l'envergure des phénomènes dans chaque région agricole du Québec afin de tenir compte des risques et de guider la recherche et l'application de solutions pertinentes aux problèmes de compactage, de diminution de la matière organique, de détérioration de la structure, d'acidification, d'Érosion et de contamination ou pollution.

MANDAT

Le mandat de réalisation de l'inventaire a été confié au Service des sols, Direction de la recherche et du développement, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, qui dispose d'une grande expertise de recherche en sol.

RÉALISATION

Le programme de l'inventaire des problèmes de dégradation des sols a été réalisé à travers tout le Québec. Le personnel engagé à cette occasion identifié aux équipes techniques, a procédé à l'échantillonnage et aux mesures sur le terrain sous la supervision des agronomes-pédologues, et aux analyses de laboratoire en collaboration avec le personnel régulier du Service des sols.

DIRECTION ET RÉDACTION

TABI, Marton, Ph.D., agronome,
directeur du service des sols
TARDIF, Lauréan, M.Sc., agronome-pédologue,
directeur adjoint
CARRIER, Dominique, Ph.D., agronome-pédologue
LAFLAMME, Gérard, M.Sc., agronome-pédologue
ROMPRÉ, Michel, M.Sc., agronome-pédologue

ÉQUIPES TECHNIQUES

BEAUDOIN, Benoît, agronome, chef d'équipe
COCHRANE, Claude, agronome
DAIGLE, Luc, technicien
DEMERS, Gaétan, ingénieur
DUBÉ, François, agronome
DUBÉ, Maryse, agronome, chef d'équipe
FORTIN, Raymonde, agronome, chef d'équipe
GOSSELIN, Bruno, agronome, chef d'équipe
LAPOINTE, Mario, agronome, chef d'équipe
MONDOU, Bernard, agronome, chef d'équipe
PLANTE, Guy, agronome
ROBITAILLE, Line, agronome

ROULEAU, Martin, technicien
THÉBERFGE, André, agronome
TREMBLAY, Raymond, agronome
TRUDEL, Marc, agronome, chef d'équipe

ÉQUIPE DE LABORATOIRE

AUDESSE, Pierre, technicien principal
DRAPEAU, Anne, agronome
FORTIN, Gérard, technicien
GAGNON, Martin, technicien
PARADIS, Michel, technicien
SCHIETTAKATTE, Daniel, agronome
TREMBLAY, Louise, technicienne

COMPOSITION GRAPHIQUE

CÔTÉ, Claude, tech. en arts appl. et graph.
GILBERT, Ghislain, tech. en arts appl. et graph.
LEMAY, Yves, tech. en arts appl. et graph.
ST-PIERRE, Nicole, agente de secrétariat

ÉQUIPE DE SECRÉTARIAT

ARSENAULT, Éline, agente de secrétariat
BRIE, Aline, agente de bureau
DUMONT, Pauline, technicienne en administration
GODIN, Marie-Josée, agente de secrétariat

INFORMATIQUE

BOULÉ, Daniel, B.Sc., agr. et informaticien

MÉTHODES STATISTIQUES

LAPOINTE, Denis, bio-statisticien

ADJOINT À LA RÉDACTION

OUELLET, Luc, M. ès arts, géographe et pédologue

REMERCIEMENTS

Le comité de rédaction remercie ceux et celles qui de près ou de loin ont participé à la réalisation de l'inventaire. Nos remerciements s'adressent au personnel des ministères d'Agriculture Canada et d'Agriculture, Pêcheries et Alimentation du Québec supportant ce programme.

Nous tenons à souligner de façon particulière l'accueil et la disponibilité des gestionnaires, des conseillers, des producteurs et des productrices agricoles a qui nous dédions cette étude.

AVANT-PROPOS

L'agriculture québécoise traditionnellement fondée sur l'industrie laitière et les productions herbagères a connu des modifications profondes au cours des dernières décennies. La concentration de la production porcine ou avicole, l'usage accru des fertilisants, l'utilisation d'une machinerie de plus en plus lourde, l'intensification des cultures industrielles et de la monoculture de plantes annuelles dans plusieurs régions posent des questions face à la problématique de la protection de l'environnement et de la conservation des

sols en vue d'une agriculture respectueuse du milieu.

Les études préliminaires et les estimés sommaires démontrent que les régimes intensifs de productions causent la dégradation de la qualité du sol. Il devenait par conséquent impératif d'en savoir plus sur l'état de dégradation des sols du Québec. C'est alors qu'il fut suggéré de procéder à un inventaire scientifique sur la nature et l'envergure des phénomènes pour lever le doute et faire la lumière en ce domaine.

Cette idée a été retenue à l'Entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement agro-alimentaire 1987-1990, conclue le 17 février 1987, où les deux gouvernements conviennent de procéder à l'inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec en vue de leur conservation et de leur amélioration.

Entrepris en 1987, il porte exclusivement sur les sols minéraux totalisant 1,7 millions d'hectares en culture dans les douze régions agricoles du Québec. Pour fin de l'inventaire de l'état des sols selon une méthode unique, les quelque 10 000 hectares de sols organiques en culture dans la région Sud-Ouest de Montréal en sont exclus étant donné leur particularité et leur importance secondaire face à tout le territoire agricole québécois.

L'inventaire s'inscrit directement dans la foulée des études pédologiques. Il n'aurait pas été possible sans les études alors existantes. En effet, les études antérieures ont conduit à la connaissance de sols et de leur répartition dans le territoire. Les sols identifiés sous le vocable de série y sont décrits selon leurs propriétés physico-chimiques naturelles et représentés géographiquement sur les cartes pédologiques. La série groupant des sols essentiellement de même type, de propriétés semblables, permet d'atteindre l'objectif par échantillonnage d'un nombre limité de champs, choisis selon les cultures et le type de sol, au lieu de l'étude d'une multitude de champs sans distinction des sols et des cultures.

Toutes choses étant égales par ailleurs, les sols semblables soumis aux mêmes conditions culturales se comportent de la même façon. De là, la relation entre la monoculture et la dégradation des sols vulnérables. C'est pourquoi toute l'action passe ici par les séries et les cultures.

L'expérience prouve que la monoculture de plantes annuelles selon les pratiques traditionnelles est plus susceptible de causer la dégradation de sols que la prairie où le tapis végétal et le lacin racinaire permanents préviennent la dégradation par l'érosion, la perte de matière organique, le bris des agrégats et le compactage attribuables aux cultures et aux passages des instruments et de l'équipement lourd. Sans compter que la fertilisation y est plus généreuse que sous prairie et peut occasionner l'excès de certains éléments minéraux.

La méthode originale élaborée tient compte de deux paramètres à savoir le sol et la culture. Elle est bidimensionnelle en ce sens que le sol et la culture sont continuellement pris en compte en vue de déceler les symptômes de dégradation attribuable aux pratiques culturales, révélés par les facteurs mesurés tels la porosité, la densité, la conductivité hydraulique, la stabilité des agrégats, le contenu en matière organique, le pH, la teneur en phosphore, en potassium et autres éléments utiles à la croissance des plantes, ainsi que la présence de métaux lourds jugés d'aucune utilité en alimentation végétale ou animale.

Les données obtenues par les techniques de terrain et les méthodes d'analyses de laboratoire standard ont été soumises à un traitement statistique qui assure l'objectivité d'interprétation des faits établis sur la base des critères observés.

L'exercice mené à travers les douze régions agricoles du Québec a conduit à l'évaluation de l'état de dégradation des sols agricoles; à l'identification des sols dégradés et à la désignation des territoires les plus affectés afin de dégager des éléments de solutions à court et à moyen terme par la recherche

et l'application de remèdes appropriés.

La dégradation n'est pas toujours spectaculaire bien qu'elle soit évidente par interprétation des données de l'inventaire.

Le sol dégradé est identifié directement des résultats d'analyses tandis que l'envergure des phénomènes est estimée de la superficie en monoculture, au prorata des séries, compte tenu que les façons culturales dépendent des cultures.

Les sols de la série, sous la même culture que celle où on observe de la dégradation, soit dits dégradés et la balance de la superficie de cette série est considérée vulnérable. La compilation des superficies permet d'estimer l'envergure des phénomènes et de désigner les territoires les plus affectés.

Les résultats, discussion et conclusion sont présentés sous la forme d'un rapport synthèse de l'ensemble du territoire agricoles québécois et d'un rapport par région agricole fournissant une foule de renseignements permanents concernant la qualité des sols et leur vulnérabilité à la dégradation, renseignements auxquels il sera toujours possible de référer, non seulement pour connaître l'évolution du sols mais encore ses propriétés en relation avec le besoin des plantes cultivées, en vue de recommandations agronomiques.

Ces documents, avec les cartes pédologiques, deviendront désormais l'ouvrage de référence faisant autorité en conservation et amélioration des sols du Québec.

La rédaction

LE QUÉBEC AGRICOLE

Par rapport à la superficie totale du Québec (135 millions d'hectares), le domaine agricole ne compte que pour 2,8 pour cent et se limite au 49^e parallèle de latitude nord. Les 41 448 fermes recensées en 1986 n'occupent que 3,6 millions d'hectares, améliorés à 60 pour cent et cultivés à 48 pour cent.

L'agriculture se trouve dans les régions physiographiques du Québec méridional naturellement découpées en zones climatiques et arbitrairement divisées en douze régions administratives agricoles.

MILIEU PHYSIQUE

La région physiographique des basses terres du Saint-Laurent, (dite plaine du Saint-Laurent), enchassée entre celles des Appalaches et des Laurentides, possède une topographie plane et des sols argileux à drainage lent par endroits et, sablonneux tantôt bien tantôt mal drainés ailleurs. Contrairement à la plaine du Saint-Laurent, les deux autres régions présentent une topographie ondulée ou accidentée et des sols pierreux, constitués de till glaciaire, généralement de texture de loam sableux, sauf les enclaves argileuses de la plaine du Lac Saint-Jean et du bas plateau d'Abitibi.

À vrai dire, le Québec fait son agriculture de sa géographie: la topographie, le sol et le climat y sont les facteurs naturels déterminants. Au total 58 pour cent des terres améliorées soit 1 380 000 hectares se situent dans les basses terres du Saint-Laurent comparativement à 28 pour cent (660 000 ha) dans les Appalaches et 14 pour cent (320 000 ha) dans les Laurentides,

la plaine du Lac Saint-Jean et celle d'Abitibi-Témiscamingue. Région relativement jeune en agriculture (à peine 50 ans), l'Abitibi se démarque bien par sa situation nordique et ses sols argileux. Elle se caractérise par son agriculture à base d'herbage, ses silos-meules et l'élevage de bovins laitiers ou de boucherie. D'ailleurs, la monoculture de plantes annuelles n'y occupe pas grand place. Le bilan thermique annuel y est de 2000 degrés-jours et bon an mal an, la période sans gel ne dépasse pas 80 jours, ce qui limite la gamme des cultures. Il en est de même, quoi qu'à un degré moindre, de la région Saguenay-Lac-Saint-Jean et de celle du Bas Saint-Laurent-Gaspésie-Iles-de-la-Madeleine.

À l'opposé, le secteur des basses terres du Saint-Laurent en amont du Lac Saint-Pierre jouit d'un climat beaucoup plus favorable malgré un déficit hydrique saisonnier entre les précipitations et l'évapotranspiration. La période sans gel y égale ou dépasse 120 jours tandis que le bilan annuel y est de 3250 degrés-jours ou plus, équivalant approximativement à 2500 unités thermiques maïs (UTM).

Entre ces extrêmes, on observe toute une gamme de zones climatiques. La période sans gel et le nombre de degrés-jours diminuent si on s'oriente du sud-ouest vers le nord ou le nord-est. Tel qu'illustré aux cartes ci-contre, le nombre de degrés-jours atteint à peine 3000 à Québec et les unités thermiques maïs sont inférieures à 2300 dans la région agricole Beauce-Appalaches et autres régions plus au nord. En pratique, à cause de l'importance du maïs-grain, la monoculture est surtout concentrée dans les régions agricoles Bois-Francs, Richelieu-Saint-Hyacinthe, Sud-Ouest de Montréal et Nord de Montréal, entièrement situées dans le secteur des basses terres du Saint-Laurent où les unités thermiques maïs sont supérieures à 2300 (Figures 2 et 5). En effet, 92 pour cent du maïs-grain produit au Québec se trouve dans ces régions. Tel qu'il ressort du tableau 2, elle est la monoculture la plus importante en superficie compte tenu que plus de 50 pour cent de celles en céréales font partie de la rotation des cultures et qu'elles sont grainées en vue du renouvellement des prairies.

LES RÉGIONS AGRICOLES DU QUÉBEC

Pour fins administratives, le Québec a été divisé en 12 régions agricoles tel que mentionné précédemment. Elles sont présentées à la carte ci-contre et feront l'objet d'un rapport par région. Le Saguenay-Lac Saint-Jean-Côte Nord (12) et l'Abitibi-Témiscamingue (09) sont les deux régions les plus septentrionales, et au sud des basses terres du Saint-Laurent, dans les Appalaches se situent presque entièrement celles de l'Estrie (05), de Beauce-Appalaches (03) et du Bas Saint-Laurent-Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine (01). La région Québec (02) quant à elle, chevauche à la fois les Appalaches, les basses terres du Saint-Laurent et les Laurentides. Enfin, les régions Bois-Francs (04), Richelieu-Saint-Hyacinthe (06), Sud-Ouest de Montréal (07), Outaouais (08), Nord de Montréal (10) et Mauricie (11) se rattachent toutes aux basses terres du Saint-Laurent par la situation de leur bassin agricole.

ÉVOLUTION RÉCENTE DE L'AGRICULTURE QUÉBÉCOISE

De 1971 à 1986, on constate une évolution notable de l'agriculture. En premier lieu, il y a eu une diminution de 32 pour cent du nombre de fermes, de 18 pour cent de leur superficie totale et de 56 pour cent de la superficie en pâturage pendant que celle en culture se maintenait. L'agriculture québécoise traditionnellement fondée sur l'industrie laitière et la rotation des cultures (foin et céréales) a connu un virage important par endroits au cours des dernières décennies, notamment avec l'implantation du maïs-grain. À l'examen des statistiques, on remarque un abandon progressif de l'avoine et des céréales mélangées au profit du blé, de l'orge et du maïs-grain dont les superficies passent en quinze ans de 87 230 ha à 450 000 ha, soit une augmentation de 500 pour cent. Cette tendance est particulièrement évidente dans les basses terres du Saint-Laurent. Pendant que l'élevage porcin, lui, passait de 1 332 000 à 3 298 500 têtes annuellement.

En même temps que les productions s'intensifiaient, la machinerie lourde

connaissait une vogue considérable. La fréquence du travail du sol a augmenté ainsi que l'usage des engrais chimiques pour atteindre 498 707 tonnes en 1984 comparativement à 136 737 en 1949, sans compter le volume important de lisier étant donné la concentration du porc dans certains secteurs. Ce sont là autant d'éléments ou de facteurs de risque de dégradation des sols, plus grands dans les régions spécialisées en monoculture de plantes annuelles qu'ailleurs où l'élevage du bovin laitier ou de boucherie est intégré aux pâturages, foin et céréales en rotation. Ce dernier type d'agriculture reste le trait principal des régions agricoles Bas Saint-Laurent-Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, Québec, Beauce-Appalaches, Abitibi-Témiscamingue et Saguenay-Lac Saint-Jean dont la répartition des superficies par cultures est donnée au tableau 2 et illustrée plus loin aux figures 1, 2, 3, 4 et 5.

Considérant que les céréales contrairement au maïs-grain entrent dans la rotation des cultures avec les prairies et les pâturages, elles ne sont pas toutes considérées comme monoculture par le fait même. Nous verrons à la figure 2 la manière de les départager. Il ressort donc des tableaux et figures que la monoculture de plantes annuelles occupe une place plus ou moins grande selon les régions. Pratiquement inexistante par endroits, elle domine ailleurs ce qui prend une grande signification considérant qu'elle occasionne la dégradation des sols si on n'y prend garde.

C'est en tenant compte, entre autres, des notions qui précèdent que la méthode de l'inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec a été élaborée.

Tableau - 1 : Superficies par région agricole

SUPERFICIES DU QUÉBEC AGRICOLE		QUÉBEC_AGRICOLE
Superficie totale		57 587 176
Superficie fermes		3 638 886
Superficie améliorée totale		2 136 486
Superficie améliorée culture		1 744 383
Superficie améliorée pâturage		301 121
		RÉGION_01
Superficie totale		4 248 909
Superficie fermes		437 162
Superficie améliorée totale		232 435
Superficie améliorée culture		186 065
Superficie améliorée pâturage		39 630
Superficie totale améliorée Pourcen		5
		RÉGION_02
Superficie totale		2 980 866
Superficie fermes		403 815
Superficie améliorée totale		220 577
Superficie améliorée culture		175 478
Superficie améliorée pâturage		33 760
Superficie totale améliorée Pourcen		7
		RÉGION_03
Superficie totale		1 039 067
Superficie fermes		403 394
Superficie améliorée totale		180 292
Superficie améliorée culture		133 727
Superficie améliorée pâturage		37 842
Superficie totale améliorée Pourcen		17
		RÉGION_04
Superficie totale		561 667
Superficie fermes		322 521
Superficie améliorée totale		224 346
Superficie améliorée culture		187 421

Superficie améliorée pâturage	29 782
Superficie totale améliorée Pourcen	40

RÉGION_05

Superficie totale	1 006 536
Superficie fermes	382 343
Superficie améliorée totale	180 132
Superficie améliorée culture	134 136
Superficie améliorée pâturage	36 801
Superficie totale améliorée Pourcen	14

RÉGION_06

Superficie totale	498 823
Superficie fermes	343 907
Superficie améliorée totale	279 922
Superficie améliorée culture	255 931
Superficie améliorée pâturage	15 198
Superficie totale améliorée Pourcen	56

RÉGION_07

Superficie totale	410 235
Superficie fermes	254 797
Superficie améliorée totale	207 220
Superficie améliorée culture	189 476
Superficie améliorée pâturage	10 904
Superficie totale améliorée Pourcen	50

RÉGION_08

Superficie totale	4 313 197
Superficie fermes	298 078
Superficie améliorée totale	133 078
Superficie améliorée culture	97 409
Superficie améliorée pâturage	26 685
Superficie totale améliorée Pourcen	3

RÉGION_09

Superficie totale	6 607 731
Superficie fermes	221 537
Superficie améliorée totale	101 381
Superficie améliorée culture	76 747
Superficie améliorée pâturage	19 085
Superficie totale améliorée Pourcen	15

RÉGION_10

Superficie totale	2 458 575
Superficie fermes	221 389
Superficie améliorée totale	161 979
Superficie améliorée culture	140 662
Superficie améliorée pâturage	12 569
Superficie totale améliorée Pourcen	7

RÉGION_11

Superficie totale	3 227 251
Superficie fermes	126 560
Superficie améliorée totale	85 451
Superficie améliorée culture	71 185
Superficie améliorée pâturage	11 252
Superficie totale améliorée Pourcen	3

RÉGION_12

Superficie totale	30 234 319
Superficie fermes	223 383
Superficie améliorée totale	129 673
Superficie améliorée culture	96 146
Superficie améliorée pâturage	26 613
Superficie totale améliorée Pourcen	0,4

Source - Recensement 1986

Tableau - 2 : Répartition selon les cultures par région agricole

Région	Céréales	Maïs grain	Maïs ensil	Foin	Patates	Légumes	Tabac	Total (ha)
Région_01	43 067	321	1 098	133 241	1 720	230		179 677
Région_02	35 026	1 346	3 288	120 105	3 882	1 391		165 038
Région_03	13 805	1 076	2 744	108 015	269	229		126 138
Région_04	36 332	32 894	9 202	100 470	1 278	732		180 917
Région_05	14 307	10 360	5 173	98 026	262	268		128 396
Région_06	53 843	98 937	14 542	69 448	940	6 148	3	243 861
Région_07	39 298	61 503	11 143	52 408	1 482	14 566		180 400
Région_08	14 561	3 211	5 082	68 692	888	346	292	93 072
Région_09	10 175		185	63 498	342	50		74 250
Région_10	37 709	19 038	5 463	56 292	3 285	8 103	3 016	132 906
Région_11	17 181	5 481	3 005	39 736	730	501	99	64 733
Région_12	21 068		322	64 773	2 186	233		88 582
TOTAL	336 372	232 167	61 247	974 718	17 264	32 797	3 410	1 657 970

Figure1 : Répartition par région des terres améliorées selon l'utilisation agricole

Cartel: LES RÉGIONS AGRICOLES DU QUÉBEC

Carte2: LE CLIMAT DU QUÉBEC

Carte3: LA DISTRIBUTION DES UNITÉS-THERMIQUES-MAÏS

Carte4: LES RÉGIONS PHYSIOGRAPHIQUES DU QUÉBEC MÉRIDIONAL

Figure2,3,4,5: Répartition selon l'utilisation agricole des terres améliorées du Québec (2 136 486 ha).

MÉTHODE DE L'INVENTAIRE

INTRODUCTION

La transformation de l'agriculture québécoise au cours des dernières décennies suscite des questions quant à la conservation des sols. La concentration de l'élevage porcin et par conséquent, l'augmentation du volume de lisier produit, la spécialisation en monoculture de plantes annuelles par les méthodes traditionnelles de travail du sol, l'usage accru d'engrais chimiques et la présence de machinerie de plus en plus lourde sont autant d'éléments ou facteurs de risque de dégradation selon les conditions de sols et de cultures. La dégradation peut être de différentes natures compte tenu des facteurs en cause. Il peut en résulter le compactage, la détérioration de la structure, la diminution de la matière organique, l'acidification, l'érosion ou la pollution. Qu'importe la nature du phénomène, c'est évidemment, par ses effets qu'on l'identifie, en évaluant les changements intervenus par des mesures qualitatives et des analyses standard.

Compte tenu des objectifs de l'inventaire, une méthode simple et rigoureuse s'inspirant de la démarche des sciences et ne laissant aucune place à la subjectivité d'interprétation des données a été élaborée. Par quantification et comparaison des propriétés physico-chimiques, on diagnostique les phénomènes de dégradation des sols, on identifie les types de sols dégradés ou susceptibles de l'être pour ensuite déterminer l'envergure du phénomène par région agricole et pour l'ensemble du territoire agricole québécois. L'envergure du phénomène est proportionnelle à la superficie en monoculture des sols atteints.

ÉNONCÉ DES PRINCIPES FONDAMENTAUX DE LA MÉTHODE

La méthode découle des principes fondamentaux suivants:

- le sol est plus ou moins vulnérable selon ses propriétés physico-chimiques;
- le sol n'est pas automatiquement dégradé du simple fait qu'il soit en culture;
- certaines façons culturales sont plus susceptibles que d'autres de causer la dégradation du sol;
- toutes choses étant égales par ailleurs, les mêmes causes produisent les mêmes effets. Les sols identiques soumis au même stress se comportent donc de la même façon.

ÉLÉMENTS DE LA MÉTHODE

La méthode est conforme aux procédés rigoureux et aux démarches des sciences ce qui en fait une méthode scientifique et universelle. Elle est bidimensionnelle en ce sens que deux éléments sont d'abord pris en compte à savoir le sol et la culture.

Quant au sol, les études menées de façon systématique au Québec depuis plus de cinquante ans ont conduit à l'identification, selon leurs propriétés physico-chimiques, de pas moins de 400 séries de sols cartographiées à l'échelle semi-détaillée pour une superficie de 9 millions d'hectares incluant pratiquement tous les sols cultivés. Étant donné que les sols d'une série sont à toutes fins utiles identiques, peu importe leur localisation dans le territoire, elle est un paramètre retenu pour l'étude des modifications attribuables aux cultures. Les modifications, signe de dégradation s'observent pour un même type de sol par comparaison du sol dégradé à celui non dégradé. Mais voilà! au moment de procéder pour la première fois à l'inventaire des problèmes de dégradation, à quelle mesure peut-on référer? Une question se pose: comment déterminer les propriétés avant dégradation du sol aujourd'hui dégradé ou encore comment savoir si le sol est vraiment dégradé alors qu'on n'a pas de données antérieures pour fins de comparaison des propriétés étudiées. Dans la majorité des cas, la dégradation n'est pas spontanée mais se manifeste seulement après plusieurs années de monoculture intensive. La clef de l'énigme consiste donc à comparer sur la base de la série qui est un regroupement de sols naturellement semblables, les propriétés du sol en monoculture depuis plusieurs années à celles de celui sous prairie dans une rotation longue. Les productions herbagères sont peu susceptibles de dégrader les sols, de sorte que ceux sous prairie deviennent les témoins pour fins de comparaison de ceux sous monoculture annuelle, afin de déterminer les modifications symptomatiques de dégradation attribuables aux façons culturales propres à chaque culture et ce, pour chacun des facteurs étudiés: pourcentage de matière organique, percolation de l'eau, densité, porosité, grosseur et stabilité des agrégats, pH, transport des particules et contamination minérale.

Les données manquantes de prime abord deviennent ainsi disponibles sans qu'on ait à procéder à des expériences de longue durée pour connaître l'évolution des propriétés du sol. Autrement dit, pour fins de comparaison, on assume que le sol sous prairie est non-dégradé. C'est ce qu'on appelle la parcelle témoin en recherche expérimentale.

MODALITÉ ET NATURE DES OPÉRATIONS

Les opérations sont par étapes: d'abord le choix des champs sur la base des sols et des cultures; ensuite les mesures et l'échantillonnage sur le terrain suivi des analyses en laboratoire.

Deux champs par culture sont retenus et ce, chez des producteurs différents. Les sols sont étudiés à raison de sept sites par champ jusqu'à 40 cm de profondeur pour les sols à texture grossière et ceux issus de tills glaciaires et, 60 cm de profondeur pour les autres. Les observations sont faites sur deux ou trois couches selon qu'il s'agit des sols des groupes 2 et

3 ou du groupe 1, définis plus loin. Les couches sont identifiées comme suit: la couche travaillée par les instruments pouvant atteindre 30 cm dans certains cas; la couche immédiatement inférieure jusqu'à 40 cm et la troisième couche jusqu'à 60 cm où, à cette profondeur, les sols de la série sont identiques à moins d'être modifiées par les cultures.

À tous les sites, on mesure la conductivité hydraulique au moyen de l'infiltromètre à charge constante (5) et on prélève différents échantillons: un échantillon en vrac par couche et un échantillon non-dérangé de la couche supérieure peu importe les sols et, en outre, un échantillon en cylindre dans le cas des sols de texture fine.

L'échantillon en cylindre sert à déterminer l'humidité au champ, la densité et la porosité du sol. Lors de l'évaluation de la porosité, la densité spécifique (Ds) tient compte du niveau de matière organique (M.O.) du sol [Ds = 2,659 - (0,042 x % M.O.)]. (6).

La stabilité des agrégats est déterminée, sur les échantillons non-dérangés, par tamisage à l'eau sur une baratte de type Yoder avec des tamis de 8, 5, 2 et 1 mm d'ouverture. Les agrégats entre 5 et 8 mm sont préparés à la main sur des mottes à l'humidité au champ (2). Le diamètre moyen des particules (DMP) est déterminé par la méthode de Youker et coll. (16).

Les échantillons en vrac, après préparation servent à déterminer en laboratoire: 1) la granulométrie par la méthode de l'hydromètre (3) avec prétraitements pour détruire les carbonates et la matière organique (si % M. O. > 5%) et tamisage des sables sous jet d'eau; 2) le pH à l'eau; 3) le carbone organique par oxydation au bichromate de potassium et à l'acide sulfurique; 4) les éléments échangeables et disponibles (majeurs, mineurs et métaux lourds) extraits par la méthode de Mehlich et dosés au spectrophotomètre d'émission au plasma et 5) l'azote par digestion au DB-20 dosé avec autoanalyseur Technicon (1).

Les phénomènes de détérioration de la structure, de compactage, d'acidification, de diminution de la matière organique ou de pollution sont mis en évidence par interprétation et traitements statistiques des données ainsi recueillies, cependant que l'érosion est estimée des superficies en monoculture dans les zones à risques, c'est-à-dire là où la nature des sols et la topographie rendent le milieu vulnérable.

Le traitement statistique selon la manière rigoureuse mentionnée ci-après permet d'établir les différences significatives symptomatiques de dégradation des sols sous monoculture.

TRAITEMENTS STATISTIQUES

Pour déterminer l'influence réelle des cultures sur les propriétés du sol, il faut s'assurer au préalable que les sols forment des populations semblables au plan de la texture, en particulier au niveau de leur teneur en argile qui, lorsqu'elle est importante, a une grande influence sur bon nombre de propriétés du sol. Cette donnée, stable et indépendante des cultures, disponible à chaque site a donc été utilisée pour tester par analyse de variance, la similitude des populations de chaque série de sols étudiés dont la teneur en argile est égale ou supérieure à 15%. Les tests ont démontré que la majorité des populations comparées étaient semblables alors que certaines parcelles ont dû être écartées. Par la suite, les autres propriétés physiques et chimiques mesurées sur une même série de sol sous différentes cultures furent soumises de façon systématique à une analyse de variance univariée (ANOVA) en vue de déterminer celles significativement modifiées par la monoculture.

La maille d'échantillonnage adoptée, de 80 mètres et plus entre les sites sur le terrain, s'avère largement suffisante pour que les données soient considérées comme des répétitions, c'est-à-dire de données spatialement indépendantes les unes des autres (4, 14).

Un écart-type égal ou supérieur à 2σ pour une probabilité égale ou inférieure à 5 pour cent a été retenu comme base du rejet des données à valeur

extrême afin d'éviter que leur présence dans un groupe restreint ait un poids anormalement élevé sur les conclusions (9, 12). L'étude de la variabilité ou de la normalité des différentes propriétés considérées indique que, de façon générale, les propriétés physiques ont une distribution normale, exception faite de la conductivité hydraulique (distribution log-normale). L'analyse de variance a donc été effectuée dans ce cas sur la donnée logarithmique. Cette transformation normalisatrice (8, 9, 12) s'est également avérée nécessaire pour la plupart des propriétés chimiques étudiées, sauf le pourcentage de matière organique, le rapport C/N et le pH ($1/\log H^+$). Le test d'adéquation de Shapiro-Wilks a servi à évaluer la normalité avant comme après transformation des données (11).

Les résultats significatifs indiqués dans cette étude ont été soumis soit au test de Tukey (HSD) dans le cas de populations inégales, soit au test de Waller-Duncan pour des populations égales (7, 12, 15).

La méthode permet donc de diagnostiquer conformément aux objectifs de l'inventaire, les phénomènes de dégradation des sols et d'identifier ceux qui sont dégradés ou vulnérables.

Le sol dégradé est identifié directement des résultats d'analyses. Par exemple, l'augmentation de la densité apparente est signe de compactage; la diminution du pH, d'acidification; l'excès d'éléments minéraux ou la présence accrue de certains d'entre eux, de surfertilisation ou de pollution, etc. Quant à l'érosion, elle est estimée en tenant compte d'abord de la topographie dans le cas de l'érosion par l'eau, et de la texture du sol dans le cas de l'érosion par le vent. Par ailleurs, la série où la dégradation a été diagnostiquée est dite vulnérable sur toute son étendue.

L'envergure des phénomènes est estimée par la distribution, au prorata des séries, de la superficie de chaque culture déclarée au recensement - la superficie ainsi allouée à la série est considérée affectée si le sol est dégradé par la culture. Il est facile dès lors d'établir l'envergure des phénomènes par région et pour l'ensemble du territoire agricole québécois.

RÉFÉRENCES

- 1) AGDEX 533, 1989. Méthodes d'analyse des sols, des fumiers et des tissus végétaux. Conseil des Productions Végétales, Agriculture Québec.
- 2) Black, C. A., 1965. Methods of Soil Analysis. Agronomy 9, Part 2. Amer. Soc. of Agron., Madison, Wis.
- 3) Bouyoucos, G. J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agron. J. 54:464-465.
- 4) Cipra, J. E. and all., 1972. Variation with distance in selected fertility measurements of pedons of Western Kansas Ustoll. Soil Sci. Soc. Am. J. e Vol, 36:111-118.
- 5) Côté, D., 1977. Description et performance d'un prototype d'infiltromètre à charge constante. Génie Rural, Univ. Laval, Québec, vol. 9, no 3.
- 6) De Kimpe, C. R., Bernier-Cardou, M. and Jolicoeur, P., 1982. Compaction and settling of Quebec soils in relation to their soil-water properties. Can. J. Soil Sci. 62:165-175.
- 7) Freund, J. R. and R. C. Littell, 1981. SAS for Linear Models. A Guide to the ANOVA and G. L. M. Procedures, 230 pp.
- 8) Legendre, L. et P. Legendre, 1979. Écologie numérique tome 1. Le traitement multiple des données écologiques, Masson, Paris, New York, Barcelone, Milan: p. 1-178.
- 9) Lison, L., 1968. Statistique appliquée à la biologie expérimentale. J. Soil Water Con. 30:283-286.

- 10) Ritchie, J. C., McHenry, J. R., 1975. Fallout Cs-137: a tool in conservation research. *J. Soil Water Con.* 30:283-286.
- 11) Schlotzhauer, S. D. et C. R. Littell, 1987. SAS System for Elementary statistical analysis. SAS Institute Inc. Cary USA ISBNI-55544-076-2, 405 pp.
- 12) Snedecor, G. W. et W. G. Cochran, 1971. Méthodes statistiques. Association de coordination. Fond National de développement agricole, 149 rue de Berry - 75 Paris, 12e, 650 p.
- 13) Tardif, L. et M. Tabi, 1989. Méthode de l'inventaire des problèmes de dégradation du sol agricole du Québec. AGROSOL. Service de recherche en sols, MAPAQ. Octobre 1989, volume 2, numéro 1.
- 14) Vauclin, M., 1982. Méthodes d'étude de la variabilité spatiale des propriétés d'un sol. INRA Publ. 1983 (Les Colloques de l'INRA, no 15) pp. 8-45.
- 15) Waller, R. A. et D. B. Duncan, 1969. A Bayes rule for the symmetric multiple comparison problem. *Journal of the American Statistical Association* 64:1484-1499.
- 16) Youker, R. E. and Mcguiness, J. L., 1956. A short method of obtaining mean weight-diameter values of aggregates of soils. *Soil Sci.* 83:291-294.

NATURE DES PHÉNOMÈNES, FACTEURS EN CAUSE ET NORMES D'ÉVALUATION

COMPACTAGE

Le compactage s'entend du réarrangement des particules du sol sous l'effet d'une pression externe se traduisant par l'augmentation de la densité apparente généralement accompagnée de la diminution de la macroporosité ou porosité drainable et de la conductivité hydraulique (16, 26).

Il s'agit du tassement artificiel indépendant du tassement naturel sans pression externe qui se produit au cours de la saison suivant le travail du sol par le réorganisation des particules élémentaires et des agrégats sous leur propre poids soumis simplement aux précipitations atmosphériques. Dans les deux cas, les petites particules se logent dans les vides laissés entre les grosses. Ces deux phénomènes sont indissociables au champ mais le tassement naturel n'atteint pas le degré de compacité du tassement artificiel connu comme étant du compactage.

Le degré de compactage dépend donc de la pression exercée, de la composition du sol et de son état physique au moment où elle s'applique (18).

La pression exercée peut être sous forme de charges, de machineries lourdes et de passages fréquents ou par le socle de la charrue créant une semelle de labour au contact de la couche cultivée et de celle sous-jacente.

La monoculture annuelle selon les méthodes traditionnelles jumelant pression et travail fréquent du sol en l'absence d'un treillis racinaire, est susceptible de causer le compactage et conduit souvent au bris de la structure du sol de la couche cultivée sous le choc et la pression des instruments qui augmente d'autant les risques de compactage de surface. Le compactage peut donc se manifester dans la couche cultivée aussi bien que dans le sous-sol. Mais les sols n'ont pas tous la même tendance à se comprimer. Ceux de texture fine (limons, argiles, loams argileux...) et pauvres en matière organique, surtout s'ils sont travaillés dans de mauvaises conditions d'humidité, sont plus vulnérables (13, 15).

Il en résulte alors une baisse de rendement attribuable à la diminution du nombre de racines profondes et bien développées et au retard à l'émergence. En outre, le compactage rend le sol difficile à travailler, demande un surplus d'énergie et diminue la conductivité hydraulique favorisant l'érosion hydrique

lorsque les autres conditions s'y prêtent.

À défaut de mesures directes du compactage, on procède par des mesures indirects indiquent soit la modification de certaines propriétés physiques telles la densité apparente, la macroporosité ou porosité drainable et la conductivité hydraulique (1). Toutefois, on ne conclut à l'existence du compactage que si la densité apparente est augmentée de façon significative.

DÉTÉRIORATION DE LA STRUCTURE

La structure est donnée par l'agrégation des particules élémentaires du sol en un assemblage de dimension plus grande et de formes différentes. Une bonne structure constituée de gros agrégats stables joue un rôle très important sur la qualité et la conservation des sols (26).

Sa dégradation qui consiste dans le bris des agrégats résulte principalement des effets mécaniques de cisaillement et de compression, imposés directement par les instruments aratoires, et de l'appauvrissement du sol en matière organique. Ce phénomène favorise le compactage dont il est le précurseur. Il augmente les risques d'érosion et les pertes de nutriments et de pesticides pouvant conduire à la pollution, et occasionne des diminutions de rendement par réduction de la circulation de l'air et de l'eau, de la disponibilité des éléments nutritifs et de la vie des microorganismes (12, 26).

L'abondance des agrégats supérieurs à 5 mm après barattage dans l'eau et le diamètre moyen des particules (DMP) sont les critères retenus pour déterminer la qualité de la structure du sol et sa stabilité. Par exemple, plus le pourcentage des agrégats supérieurs à 5 mm est élevé après barattage, plus la structure est stable. À l'inverse, le diamètre moyen des particules est réduit, ce qui favorise d'autres phénomènes de dégradation.

ACIDIFICATION

L'acidification consiste en une baisse du pH. C'est l'augmentation en ions H⁺ de la solution du sol (6) ou la tendance du complexe argilo-humique à se charger, à fixer des quantités importantes d'ions H⁺ au détriment de cations minéraux (19). L'acidité se mesure par le pH qui varie habituellement de 4,5 à 8 de façon inversement proportionnelle à la concentration en ions H⁺, c'est-à-dire que plus la concentration est élevée, plus le pH est bas. Suivant qu'il est inférieur, égal ou supérieur à 7, le sol est acide, neutre ou basique (calcaire). Aucune plante ne tolère un pH inférieur à 3 ou supérieur à 9 et la majorité des plantes cultivées au Québec exigent un pH entre 5,5 et 6,5 selon les espèces (26, 29).

Sous les climats frais et humides, les sols ont tous tendance à s'acidifier. L'acidification est donc un phénomène naturel mais qui peut être accentué par les pratiques culturales notamment l'apport de fumure azotée (3, 31).

La nature de la roche-mère et les conditions climatiques qui influent les phénomènes de la podzolisation, et le lessivage des éléments par les eaux de percolation sont des causes naturelles d'acidification. Cependant que les pluies acides sont attribuables aux activités urbaines et industrielles, l'apport d'engrais chimiques contenant de l'azote ammoniacale et du soufre, le prélèvement d'éléments basiques par les récoltes, la décomposition de la matière organique, l'action favorisée des microorganismes et le lessivage de certains éléments ajoutés sont davantage liés à l'activité agricole (31).

Les effets de l'acidification sont néfastes tant pour les plantes que pour les sols; on observe des diminutions de rendements, des variations dans la composition chimique des plantes, une décomposition plus lente de la matière organique, une diminution de l'activité biologique et enzymatique, une perte d'efficacité de certains herbicides et, dans des cas extrêmes, un effondrement de la structure (12, 4, 19).

Une baisse du pH sur deux couches successives de sol dont l'une significativement différente par rapport au sol témoin est un indice

d'acidification.

Niveau d'acidité

Le niveau d'acidité du sol est déterminé selon le pH qui figure au tableau des propriétés chimiques. À la discussion accompagnant les résultats, le niveau est exprimé en classes de réaction pour respecter le mode d'expression couramment utilisé dans le langage populaire. Ainsi, on dit que le sol est extrêmement acide et non qu'il est à pH 4,5 et ainsi de suite selon la valeur du pH figurant au tableau des propriétés chimiques de chaque série de sols.

Tableau - 3 : Classes de réaction selon le pH du sol.

Classes de réaction	Valeurs du pH
Extrêmement acide	$\leq 4,5$
Très fortement acide	De 4,6 à 5,0
Fortement acide	De 5,1 à 5,5
Moyennement acide	De 5,6 à 6,0
Faiblement acide	De 6,1 à 6,5
Neutre	De 6,6 à 7,3
Faiblement alcalin	De 7,4 à 7,8
Modérément alcalin	De 7,0 à 8,4
Fortement alcalin	$\geq 8,5$

Comité d'experts sur la prospection pédologique, 1982. Système informatique des sols au Canada (SISCAN). Manuel de description des sols sur le terrain, IRT. Contribution no 82-52. Agriculture Canada.

LA MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL

La matière organique du sol est constituée de résidus de récoltes, de débris végétaux et de déchets d'animaux incorporés à la surface des sols cultivés et rapidement transformés en humus par les microorganismes avec libération de molécules plus simples, de substances minérales et dégagement important de CO_2 . Il en résulte une diminution du poids, une concentration de l'azote et la formation d'humus variant entre 8 et 15 pour cent du poids sec des résidus initiaux des récoltes. Cet humus réside dans le sol et forme 90 pour cent des matières organiques dans la couche cultivée des sols minéraux (2). C'est précisément cette fraction organique qui est évaluée, inventoriée dans la présente étude.

À l'état d'humus, la matière organique est principalement constituée de substances humiques stabilisées par les cations et les colloïdes minéraux qui les protègent et les soustraient à une dégradation rapide par les microorganismes et améliore le sol.

Son action et son rôle sont d'une importance capitale en conservation et utilisation des sols. En effet, l'humus colmate et cimente les particules minérales. Il réagit et forme avec les colloïdes minéraux par l'intermédiaire des cations (Ca^{++} , Fe^{+++} , Al^{+++} ...) des complexes argilo-humiques responsables de la stabilité des agrégats et de la qualité de la structure du sol. Très hydrophile, il contribue à la réserve en eau utile. Régularisant l'humidité du sol, il en assure le bon fonctionnement et la conservation en limitant sensiblement sa fragilité à l'érosion par l'eau ou le vent. Son pouvoir élevé de fixer les ions, plus de 5 fois supérieur à celui de l'argile, expliquerait 40 pour cent de la capacité d'échange de l'horizon cultivé de l'ensemble des sols (23). Quant aux sols sablonneux, les radicaux organiques constituent les seuls sites d'échanges et l'humus devient alors particulièrement vital pour la conservation de la fertilité et la protection du milieu.

L'évolution de l'humus est lente et sa vitesse de minéralisation ou taux de dégradation varie avec les types de sol. Le coefficient de minéralisation annuel est estimé à 2,5 pour cent dans les sols sablonneux entre 1,5 pour cent et 1,2 pour cent dans les sols limoneux ou argilo-sableux et à 1,0 pour cent dans les sols argileux (30).

Par contre, le coefficient de minéralisation peut être sensiblement accru sous monoculture en raison d'une plus grande oxydation de la matière organique attribuable au travail fréquent du sol.

La pratique en continu des monocultures laissant peu de résidus et accélérant l'oxydation risque donc, par retour insuffisant d'humus malgré les résidus de récoltes ou par augmentation du taux de minéralisation, de conduire à des niveaux très bas d'humus au point de porter atteinte aux qualités physiques, chimiques et biologiques du sol. L'état relatif de ces propriétés versus le niveau d'humus (Tableau 4) permettra de connaître le seuil critique au-dessus duquel il doit être maintenu dans les différents sols pour assurer leur bon fonctionnement (11).

La manière habituelle d'exprimer en pourcentage la matière organique sert à qualifier de pauvre, moyen ou riche le niveau d'humus dans la couche cultivée du sol. C'est là une mesure de concentration plus qu'une mesure de quantité absolue qui est fonction de la concentration par volume. Si bien que le contenu en matière organique n'est pas automatiquement différente du seul fait que le pourcentage est différent. Ainsi, à densité égale, un horizon cultivé de 15 cm ayant 6 pour cent de matière organique a la même teneur qu'un de 30 cm avec 3 pour cent. Il ne faut pas confondre dilution avec diminution.

L'inventaire portant sur le phénomène de diminution tient donc compte du pourcentage de matière organique du sol, de l'épaisseur de la couche cultivée et de la densité lorsque disponible, pour déterminer s'il y a diminution de matière organique selon les cultures sur chacune des séries de sols.

Niveau de matière organique

La matière organique est un élément dont il faut tenir compte puisqu'une baisse sensible de sa teneur dans les sols minéraux diminue la stabilité des agrégats et augmente la susceptibilité du sol au compactage et à l'érosion. En plus d'améliorer la capacité de rétention d'eau, elle est l'une des principales sources d'azote et d'éléments mineurs utiles à la plante.

Pour les fins de la discussion et des recommandations, nous présentons ici les classes ou niveaux de matière organique pour différentes textures de sol. La texture lourde correspond aux sols qui ont une teneur en argile égale ou supérieure à celle du loam argileux.

Tableau - 4 : Niveaux de matière organique du sol selon la texture.

Niveau	Texture légère	Texture lourde
Très pauvre	0-2,0%	0-2,0%
Pauvre	2,1-3,5%	2,1-4,5%
Moyen	3,6-6,5%	4,6-10,0%
Riche	6,6-8,0%	10,1-13%
Très riche	8% et plus	13% et plus

Guide de fertilisation. Association des fabricants d'engrais du Québec. Montréal, 1987, 2ième édition.

Le niveau est obtenu en multipliant le pourcentage de carbone organique par 1,724.

ÉROSION HYDRIQUE

L'érosion hydrique ou destruction du sol causée par l'eau est un processus naturel comportant le détachement et l'entraînement des particules constitutives du sol. Elle se manifeste sous diverses formes à la suite de fortes pluies et à la fonte des neiges. Le martèlement des gouttes de pluie et l'écoulement de l'eau à la surface (ruissellement) provoquent l'érosion en nappe, en rigolets et en ravins (7, 9, 27, 29).

Les propriétés du sol sont affectées de diverses façons par l'érosion et ses effets principaux sont la perte de sol et de matière organique, la détérioration de la structure, une percolation moins efficace, un ruissellement plus abondant, une réduction de la capacité de rétention en eau

et en éléments nutritifs, une perte de matières nutritives, un drainage interne plus lent. Elle cause des dommages aux semis et une diminution des rendements. Elle contribue à la détérioration de la qualité de l'environnement pouvant restreindre l'étendue des terres cultivables, obstruer les fossés, polluer les plants d'eau et diminuer l'alimentation en eau des nappes souterraines (9, 33).

Le contrôle ou les dispositions par lesquelles on empêche, retarde ou limite l'action de l'eau sert dans la lutte contre l'érosion. Diverses techniques de protection et d'amélioration ont prouvé leur efficacité. Les principales sont les pratiques culturales de conservation, les rotations, les cultures de couverture, les cultures en bandes alternées, la culture en travers de la pente, la voie d'eau engazonnée, le bassin de captage, la bande riveraine et les terrasses (14). Le moyen de contrôle le plus simple et le plus économique est encore de prévenir l'apparition des problèmes liés à l'érosion.

L'érosion hydrique dépend de la présence simultanée de trois éléments qui sont la pente, les conditions de sol favorables et le ruissellement. À défaut de l'un d'eux, il n'y a pas d'érosion par l'eau. La topographie du terrain, degré et longueur de pente, conjuguée aux conditions climatiques, notamment l'intensité des pluies ou la vitesse de fonte de la neige, est un facteur déterminant en autant que les conditions du sol s'y prêtent. Un sol saturé, croûté en surface, gelé en profondeur ayant une conductivité hydraulique faible ou présentant quelque autres propriétés physico-chimiques défavorables, en l'absence d'une couverture végétale ou de résidus de récoltes en surface, présente des conditions favorables à l'érosion. Parmi les phénomènes inventoriés, l'érosion hydrique est le plus connu pour avoir été le plus étudié sous diverses conditions de sols et de cultures tant au Québec qu'ailleurs.

Kachanoski, R. G. et E. Dejong expérimentèrent la méthode au césium-137 utilisé comme élément traceur, comme marqueur, pour identifier l'érosion et estimer la perte de sol d'une parcelle ou d'un champ donné (20).

Les expériences parcellaires menées selon la technique de captage des eaux de ruissellement dans des bassins collecteurs au Québec confirment celles faites ailleurs qui ont conduit Wischmeier, W. H. et ses collaborateurs, à l'élaboration de l'équation universelle de la perte de sol (Universal Soil Loss Equation) (32). Par un jeu de calculs et de simulations mathématiques, les résultats estimés correspondent grossièrement à ceux obtenus par la mesure directe au moyen des bassins collecteurs.

Malgré la valeur de ces techniques et méthodes d'évaluation du taux d'érosion à l'échelle de la parcelle, on doit admettre avec Frenette (17) qu'elles ne sont pas adaptées à l'échelle des grands bassins et moins encore à tout le territoire agricole québécois, dans le cadre de l'inventaire des divers problèmes de dégradation des sols. C'est pourquoi, tenant compte des résultats de recherche sur l'érosion, en particulier ceux d'expériences parcellaires menées au Québec, en Estrie, dans Charlevoix et au Lac Saint-Jean (Tableau 5, il a été décidé de considérer comme soumises à l'érosion hydrique active, les superficies en monoculture de plantes annuelles sur sols en pentes et peu perméables.

En somme, le sol sous couverture herbacée: foin, prairie ou pâturage est, même en pente forte, très peu exposé à l'érosion tandis qu'il est excessivement vulnérable lorsqu'il est nu. L'érosion est fonction du taux d'infiltration, de la pente et de la culture. Ce sont ces facteurs qui ont été retenus pour déterminer l'envergure de l'érosion. D'abord les sols filtrants sablonneux et graveleux très perméables ont été écartés et ensuite, en fonction de la pente, les sols en position topographique plane ou presque plane ont été systématiquement écartés ainsi que ceux dont la topographie va de plane à pentes très douces, i.e. inférieure à 5 pour cent, conformément aux recommandations du CPVQ (Tableau 6) pour ne retenir que les séries dont la topographie excède des pentes très douces comme sols à risque. Les superficies en monoculture des zones à risque sont considérées érodées par l'eau tandis que le reste est vulnérable.

L'envergure de l'érosion hydrique a donc été estimée en tenant compte

des superficies en monoculture de plantes annuelles en continu sur des sols en pente et à faible perméabilité favorisant le ruissellement des eaux.

Il va sans dire que sur les sols en pente de plus de 15 pour cent, les cultures sarclées sont interdites et les céréales, non recommandables.

Tableau - 5 : Pertes de sol annuelles moyennes à trois stations d'essais situées respectivement au Lac Saint-Jean, dans le comté de Charlevoix et dans les cantons de l'Est.

Traitement	Terre érodée
Loam Taillon, Saint-Coeur-de-Marie sur pente 18% (6 ans)	
Prairie permanente	3
Foin (perpendiculairement à la pente)	11
Foin (sens de la pente)	9
Céréales (perpendiculairement à la pente)	150
Céréales (sens de la pente)	500
Sol nu	34 500
Loam sablo-graveleux Charlevoix, Cap-aux-Corbeaux sur pente 15% (10 ans)	
Prairie	60
Foin	560
Céréales	3 800
Pomme de terre (perpendiculairement à la pente)	3 300
Pomme de terre (sens de la pente)	6 000
Sol nu	28 000
Loam argileux Coaticook, Lennoxville sur pente 10% (4 ans)	
Prairie permanente	190
Maïs sur chaume (culture minimum, sens de la pente)	1 000
Maïs sur continu (sens de la pente)	12 000
Sol nu	31 100

Source - AGDEX 572, Sols. L'érosion par l'eau. CPVQ, MAPAQ, 1981.

Tableau - 6 : Résumé des recommandations pour prévenir l'érosion des sols en fonction de la pente.

Pente	Type de culture	Méthodes culturales
Moins de 5%	Toutes	Culture dans le sens de la pente permise, peu de danger d'érosion
5% à 10%	Céréales, cultures sarclées	Culture en travers de la pente ou par bandes alternées
	Foin	Pas de précautions spéciales
10% à 15%	Cultures sarclées	Pas recommandable
	Céréales, foin	Culture en bandes alternées en travers de la pente
Plus de 15%	Prairie permanente, Reboisement	Attention au surpâturage Cas extrêmes

Source - AGDEX 572, Sols. L'érosion par l'eau. CPVQ, MAPAQ, 1981.

ÉROSION ÉOLIENNE

L'érosion éolienne ou destruction du sol causée par le vent est un processus naturel par lequel le vent détache et entraîne des particules de sol qui, en rebondissant à la surface du sol, en délogent d'autres, en roulent

d'autres plus grosses et libèrent les plus fines qui sont entraînées en suspension dans l'air sur de grandes distances (1, 9, 26).

Les causes de l'érosion éolienne sont: les conditions climatiques défavorables (vents forts et fréquents, faible pluviosité), l'exposition aux vents dominants, la nature des sols (sols organiques et sols sableux), les pratiques culturales associées aux monocultures de plantes annuelles et surtout l'absence de couverture végétale et de résidus de culture à la surface du sol (1, 2).

Les méfaits ou les effets de l'érosion éolienne sont la perte des particules de sol les plus fines ainsi que des éléments nutritifs et des pesticides qui leurs sont associés, l'abaissement dans les sables de la capacité de rétention en eau utile, les dommages causés aux cultures et aux semis, la propagation de maladies, d'insectes et de graines de mauvaises herbes, la baisse de rendement de la culture, l'obstruction des fossés, la pollution de l'air et des eaux et les dommages causés aux propriétés voisines (2).

Pour minimiser les effets néfastes de l'érosion éolienne, il faut diminuer la vitesse, donc la force du vent à la surface du sol pendant les périodes où le sol n'est pas protégé, ou encore rendre le sol plus résistant. De nombreuses techniques existent comme les brise-vent, l'orientation des champs perpendiculairement aux vents dominants, l'irrigation, les cultures-abri, les rotations, le maintien de la couverture végétale ou des résidus de cultures en surface et les pratiques culturales de conservation qui visent à produire une surface irrégulière, aussi motteuse que possible (1, 14).

POLLUTION

La pollution en milieu agricole peut prendre la forme d'une surfertilisation ou encore d'une contamination par les métaux lourds non essentiels aux plantes (24). Elle est reliée à une mauvaise régie des fumiers, des lisiers, des engrais chimiques et des pesticides bien plus qu'à leur usage en agriculture. Car ce n'est pas l'usage mais l'abus qu'on en fait qui est néfaste.

L'utilisation rationnelle de ces substances comporte deux notions élémentaires: d'une part leur addition au sol doit être faite en temps opportun et, d'autre part, les doses doivent tenir compte des besoins de la plante, de la fertilité du sol et de sa capacité de rétention de l'eau et des éléments nutritifs. Autrement on risque de polluer le milieu (5, 6).

On ne peut donc pas appliquer inconsidérément les engrais chimiques, pas plus qu'épandre le lisier n'importe quand et n'importe comment à moins de considérer le sol simplement comme un site d'enfouissement.

Les éléments et les résidus issus des fumiers, des lisiers et des engrais chimiques (HPO_4^{--} , NO_3^- , NH_4^+ etc...) sont des nutriments nécessaires aux plantes mais ils peuvent contaminer l'eau c'est bien connu. Ces polluants de source diffuse atteignent les cours d'eau par écoulement souterrain, par ruissellement et, dans certains cas, par érosion du sol de surface. Les quantités entraînées dépendent du volume d'eau en cause (ruissellement ou percolation), de la concentration et en surface ou dans le sol.

La forme minérale échangeable est la plus grande source de contamination des eaux parce qu'elle est celle sous laquelle les éléments sont les plus mobiles étant faiblement retenus dans le sol.

Le dosage systématique des éléments minéraux échangeables ou disponibles a donc été effectué en vue de connaître leurs niveaux dans les sols cultivés et surtout de dépister les teneurs élevées résultant de la surfertilisation ou de l'apport indu de ces éléments.

L'absence de norme ou de standard rend difficile l'interprétation des données en terme de pollution. Les normes choisies et retenues comme barème d'interprétation des éléments minéraux, majeurs et mineurs, sont tirées du tableau des niveaux d'éléments minéraux évalués par la méthode Mehlich 3, présenté plus loin.

Quant aux éléments majeurs P et K qui sont appliqués couramment en agriculture contrairement aux éléments mineurs, la surfertilisation est identifiée principalement aux teneurs excessives, c'est-à-dire plus de 500 kg ha⁻¹, sous formes échangeables ou assimilables, de ces éléments dans l'une ou l'autre des deux premières couches du sol. De plus, tout enrichissement significatif de ces éléments dans la troisième couche, c'est-à-dire la zone 40-60 cm de profondeur, sous monoculture est considéré comme le résultat d'une surfertilisation et un risque pour la qualité de l'eau.

Les éléments mineurs tel que leur nom l'indique sont nécessaires à la croissance des plantes en petites quantités comparativement aux éléments majeurs. Ils sont surtout des éléments endogènes; on les trouve naturellement dans le sol et leur addition n'a lieu que sous la forme d'ajouts indirects en tant qu'éléments traces dans les fertilisants, les lisiers, les fumiers ou les pesticides. Ils présentent donc un risque beaucoup moins grand pour la qualité de l'eau. Étant donné que la disponibilité de la plupart de ces éléments est influencée par le pH du sol, les variations sont difficiles à interpréter. En conséquence, on ne conclut à la contamination par les éléments mineurs que lorsque la valeur excède largement le niveau très riche au tableau des éléments minéraux.

Les métaux lourds non essentiels aux plantes ont aussi été analysés. Il s'agit du chrome (Cr) et du cobalt (Co) nécessaires en nutrition animale et humaine de même que du plomb (Pb) et du cadmium (Cd) sans utilité connue en alimentation animale ou végétale et qui peuvent être toxiques. Aucune classe n'a été définie pour ces éléments en fonction de leur concentration dans le sol. La quantité de Co utilisable est souvent insuffisante dans les sols: les concentrations minimales et maximales variant de 0,008 à 4 ppm (1). Le Cr et le Pb sont absorbés et concentrés dans les racines des plantes et ne sont pas redistribués dans le feuillage et les parties aériennes (5, 10, 12). Ils ne sont donc pas un risque pour la chaîne alimentaire tant qu'il n'y a consommation que de la partie aérienne des plantes (5, 10). La consommation des parties souterraines comme les tubercules invite cependant à des précautions. Des vérifications particulières s'imposent surtout si elles sont produites en sols très acides, car la teneur en métaux lourds augmente considérablement avec l'acidité du sol (5). Le Cd échangeable dans le sol constitue un risque sérieux en alimentation parce qu'en raison du seuil de phytotoxicité de la plante en cet élément, il s'accumule facilement dans les denrées alimentaires puis chez les animaux et l'homme (5, 10, 12). La contamination est définie ici comme étant un enrichissement significatif en Cr, en Pb ou en Cd dans deux couches successives de sol.

Niveau des éléments minéraux

Les éléments minéraux du sol sont dits majeurs ou mineurs selon qu'ils sont nécessaires en grande ou en petite quantités à la croissance normale des plantes. Le potassium, le phosphore et le magnésium font partie du premier groupe alors que le fer, le manganèse, le cuivre, le bore, le zinc et le molybdène font partie du deuxième. Leur présence relative plus ou moins grande dans le sol permet de le qualifier comme étant pauvre ou riche en l'un ou l'autre de ces éléments.

L'apport de fertilisants ou d'amendements vise à fournir les éléments nécessaires aux plantes sans atteindre un niveau excessif car la désorption et le lessivage augmentent avec la concentration. L'entraînement des éléments qui s'effectue par flux visqueux, flux convectif ou flux de masse, est accéléré des zones concentrées vers celles moins concentrées de sorte qu'ils se retrouvent en profondeur, non utiles à la plante et passent en solution dans les eaux souterraines.

Les classes de niveaux d'éléments minéraux correspondent à celles définies dans le Guide de fertilisation (Association des fabricants d'engrais du Québec, 1987), en spécifiant comme excessif le niveau correspondant à une teneur excédant 165 ppm de P et 0,58 me de K, soit 500 kg ha⁻¹ de l'un ou l'autre de ces éléments, sauf pour les sols lourds, c'est-à-dire ceux qui ont 50 pour cent et plus d'argile.

La conversion des données a été effectuée à partir des équations

décrites dans l'AGDEX (533 1988) pour établir les équivalences entre les méthodes à l'acétate, au HCl 0,1N, à l'eau chaude ou Bray-2 et celle de Mehlich-3.

Le cobalt (Co) est un autre élément mineur analysé mais pour lequel aucune classe n'est établie selon sa concentration dans le sol. Jugé essentiel en alimentation animale, il doit normalement se trouver dans le sol.

Les résultats analytiques font état du Co sans en qualifier le niveau comme étant pauvre ou riche. Il en est de même des métaux lourds tels le chrome (Cr), le plomb (Pb) et le cadmiun (Cd), jugés d'aucune utilité à la plante ou considérés toxiques. Ils sont des éléments traceurs: l'augmentation significative de ces derniers dans le sol est un indicateur, un signe de contamination tandis que les excès de potassium et de phosphore sont des signes de surfertilisation.

Tableau - 7 :Niveaux d'éléments minéraux évalués par la méthode Mehlich-3.

Unités	Très pauvre	Pauvre	Moyen	Riche	Très riche	Excessif
me* K	0,0-0,13	0,14-0,26	0,27-0,35	0,36-0,45	0,46-0,58	≥ 0,58
me Mg	0,0-0,18	0,19-0,27	0,28-0,37	≥ 0,37		
ppm** P	0-25	25-65	66-100	101-125	126-165	≥ 165
ppm Fe	0-75	76-100	101-125	126-150	≥ 150	
ppm Mn	0-6	7-10	11-14	15-22	≥ 22	
ppm Cu	0,0-0,30	0,31-0,60	0,61-1,10	1,11-2,10	≥ 2,10	
ppm B	0,0-0,60	0,61-1,20	1,21-1,67	1,68-2,17	≥ 2,17	
ppm Zn	0,0-0,70	0,71-1,70	1,71-2,70	2,71-4,20	≥ 4,20	
ppm Mo	0,0-0,05	0,06-0,10	0,11-0,20	0,21-0,40	≥ 0,40	

Association des fabricants d'engrais du Québec, 1987. Guide de fertilisation. Montréal, Québec, 2ième édition.

* me - milliéquivalents par 100 grammes de sol

** ppm - parties par million.

RÉFÉRENCES

- (1) Agdex 570, 1986. La dégradation des sols agricoles. Bulletin technique 13, CPVQ, MAPAQ.
- (2) Anonyme, 1988. Politique ministérielle de conservation des sols et de l'eau en milieu agricole. MAPAQ.
- (3) Anonyme, 1987. Symposium sur la pomme de terre, cahier de conférences. CPVQ, MAPAQ.
- (4) Anonyme, 1988. Colloque sur la conservation des sols, Cahier de conférences. CPVQ.
- (5) Anonyme, 1984. Épandage des boues d'épuration sur les terres agricoles. Une évaluation. Comité d'experts sur la gestion du sol et de l'eau. Agriculture Canada, pp. 45.
- (6) Aubert, H. et M. Pinta, 1971. Les éléments traces dans les sols. Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M., no 11, 103 pp.
- (7) Bennet, H. H., 1939. Soil Conservation. McGraw-Hill, New York.
- (8) Bennet, H. H., 1955. Elements of soil conservation. McGraw-Hill.
- (9) Bernard, C., 1988. Érosion hydrique et pollution diffuse. Agrosol, vol. 1, no 1. Service de recherche MAPAQ.

- (10) Bridle, T. R., 1985. L'épandage des eaux usées traitées et des boues d'épuration d'origine urbaine. Guide SPE6-ED-84-1. Environnement Canada, pp. 190.
- (11) Carrier, D., 1988. La matière organique du sol. Agrosol, vol. 1, no 1:15-20. Service de recherche en sols, MAPAQ.
- (12) Chaney, R. L. et P. M. Giordano, 1977. Microelements as related to plant deficiencies and toxicities; in L. F. Elliot et F. J. Stevenson (ed.). Soils for Management of Organic Wastes and Waste Waters. Amer. Soc. Agron. Madison, Wisconsin. 11 pp. 234-279.
- (13) Coote, R., 1984. La situation de la dégradation des terres agricoles dans l'est du Canada. Journée d'information sur la conservation des sols. Cahier de conférences CPVQ. MAPAQ.
- (14) Côté, D., 1988. Les propriétés physiques du sol, Service de recherche en sols, MAPAQ. Agrosol, vol. 1, no 1.
- (15) CPVQ, 1984. Journée d'information sur la conservation des sols. Cahier des conférences, MAPAQ.
- (16) Dejou, J. et C. R. De Kimpe, 1984. La compacité des sols et ses conséquences agronomiques. Bulletin technique d'information 386. Ministère de l'Agriculture, 78 rue de Varenne, 75 700, Paris.
- (17) Frenette, M., 1990. Analyse macroscopique de l'érosion des bassins et de l'apport solide dans les tributaires du Saint-Laurent. Conférence au colloque du CPVQ sur la conservation de l'eau. Février 1990. Inédit.
- (18) Grimaldi, M., 1986. Modifications structurales d'un matériau soumis à un compactage dynamique. Science du sol. vol. 24.
- (19) Gros, A., 1967. Engrais guide pratique de la fertilisation. La maison rustique. Paris.
- (20) Kachanoski, R. G., De Jong, E., 1984. Predicting the temporal relationship between soil cesium-137 and erosion rate. J. Environ. Qual. 13:301-304.
- (21) Kohnke, H. and Bertrand, A., 1959. Soil Conservation McGraw-Hill.
- (22) Lal, R., 1988. Soil Erosion Research Methods. Soil and Water Conservation Society. 7515 Northeast Ankesny Road. Ankeny, Iowa 50021-9764.
- (23) Martel, Y. A. et M. R. Laverdière, 1976. Facteurs qui influencent la teneur de la matière organique et les propriétés d'échange cationique des horizons Ap des sols de grande culture du Québec. Can. J. Soil Sci. 56:213-221.
- (24) McNeely, R. N., V. P. Neimanis et L. Dwyer, 1980. Références sur la qualité des eaux. Environnement Canada.
- (25) Ndayegamiye, A., 1988. Amendements, fertilisants et rotations. Agrosol, vol. 1, no 1.
- (26) Plaisance, G. et A. Cailleux, 1958. Dictionnaire des sols. La maison rustique, 26, rue Jacob, Paris 6e.
- (27) Ripley, P. O., Kalbfleisch, W. M., Bourget, S. J. and Cooper, D. J., 1972. Érosion du sol par l'eau. Agriculture Canada, Information Canada.
- (28) Rompré, M., 1970. L'érosion éolienne. Travail présenté dans le cours de conservation des sols, Université Laval. Inédit.
- (29) Scott, A., 1968. Les sols-nature, propriétés, améliorations. Librairie

Beauchemin, Montréal.

(30) Soltner, D., 1986. Les bases de la production végétale. Tome 1. Le sol - 14e édition, 1986, 464 p.

(31) Tran, T. S., 1988. Acidification des sols du Québec. Service de recherche en sols, MAPAQ. Agrosol, vol. 1, no 1.

(32) Wischmeier, W. H., Smith, D. D., 1965. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. U. S. Dept. Agriculture, Handbook, no 282, 48 p.

(33) Zachar, D., 1982. Soil Erosion. Developments in Soil Science 10. Elsevier Scientific Publishing Company, New York.

SOLS ÉTUDIÉS

Selon la méthode mentionnée précédemment, près de 200 séries de sols ont été étudiés dans le cadre de l'inventaire. Pas moins de 32 500 échantillons ont été prélevés au champ et analysés en laboratoire pour plus de 450 000 déterminations dont les données sont saisies sur informatique. Ces données une fois traitées et interprétées sont présentées, sous la forme de résultats et discussion à la série, dans les rapports régionaux. Quelques spécimens sont reproduits ici à titre illustratif seulement. Car les renseignements sont condensés aux tableaux 11.1 à 11.3 et 12.1 à 12.3: **modifications des propriétés des sols selon les monocultures et nature de la dégradation des sols et recommandations**, pour un aperçu global de l'état de la situation. Pour plus de détails, on doit se référer aux rapports régionaux où les sols sont présentés selon le groupe textural auquel ils appartiennent.

LES GROUPES DE SOLS ET LES CLASSES TEXTURALES

Selon des critères de texture et la présence de fragments grossiers, les sols étudiés sont répartis en trois groupes.

Les sols du **groupe 1** possèdent généralement une texture variant de l'argile au loam sableux. Ils sont exempts de fragments grossiers et permettent la prise de cylindres dans les trois couches pour fins d'évaluation de la densité, de la porosité et de l'humidité.

Les sols du **groupe 2** sont sableux. La texture de surface varie du sable au loam; certains d'entre eux contiennent des fragments grossiers graveleux en profondeur.

Enfin, les sols du **groupe 3** sont presque tous constitués de till glaciaire à texture variant du loam sableux au loam limoneux. Ils contiennent des fragments grossiers, graviers, cailloux et pierres.

Les sols étudiés ont été traités statistiquement en vue de déterminer s'ils sont représentatifs de la série en cause quant à leur teneur en sable, limon, argile, pour s'assurer qu'ils appartiennent à la même classe texturale et que les comparaisons portent sur des choses comparables. Les classes texturales sont établies selon l'abaque tiré du Système canadien de classification des sols, comité d'experts sur la prospection pédologique d'Agriculture Canada, 1987, (figure 6).

Figure 6 : Classes texturales du sol. Pourcentages d'argile et de sable dans les principales classes texturales du sol; le reste se compose de limon.

ÉNUMÉRATION DES SÉRIES DE SOLS ÉTUDIÉS

Les séries de sols étudiées sont énumérées avec leurs caractéristiques aux tableaux 10,1 à 10,3 inclusivement. En plus de la texture, du drainage et de la topographie, y figure la superficie défrichée respective de chaque

série. La signification des symboles correspondant à la classe texturale est donnée à la figure 6 où il faut ajouter: LSf, loam sableux fin; LSg, loam sableux graveleux; LSt loam sableux tourbeux; Lg, loam graveleux; Sf, sable fin et Sg, sable graveleux.

Tout comme la texture, le drainage interne et la topographie sont exprimés selon les classes tirées du Système canadien de classification des sols, comité d'experts sur la prospection pédologique d'Agriculture Canada, 1987, et définies ci-après.

Tableau - 8 :Classes de drainage et signification des symboles

TR	très rapidement drainé
R	rapidement drainé
B	bien drainé
MB	modérément bien drainé
I	imparfaitement bien drainé
M	mal drainé
TM	très mal drainé

Tableau - 9 :Topographie ou classes de pentes

Classes de pentes	Pourcentage de pentes	Description
1	de 0 à 0,5	plat
2	0,5 à 2,5	presque plat
3	2 à 5	pentés très douces
4	6 à 9	pentés douces
5	10 à 15	pentés modérées
6	16 à 30	pentés fortes

Tableau - 10.1 :Caractéristiques des sols du groupe 1

SÉRIE FICIE	TEXTURE	DRAINAGE	TOPOGRAPHIE	SUPER- DÉFRICHÉE (ha)
ALBANEL 937	ALi-A	M-TM	DE PRESQUE À PENTES TRÈS DOUCES	1
ALMA 301	L	I	PRESQUE PLAT OU PLAT	35
ANGE-GARDIEN 607	LS-L	TR	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	2
ANGLIER N.D.	ALi-ALo	B-MB	DE PRESQUE PLAT À PENTES FORTES	
APIKA N.D.	LS-SL	I-M	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	
BABY N.D.	LLi-LLiA	MB-I	DE PLAT À PENTES TRÈS FORTES	
BEARBROOK 522	ALo-A	M	PLAT OU PRESQUE PLAT	5
BÉARN N.D.	LLiA-ALo	I	DE PLAT À PENTES DOUCES	
BEAUDETTE 076	LLi	I	PLAT OU PRESQUE PLAT	10
BEDFORD 405	L-LA	I-M	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	24
BERTHIER 625	L-LA	I-M	PLAT	3
BOUCHERVILLE 054	L-LA	M	PLAT OU PRESQUE PLAT	3
BOUCHETTE 189	ALi-LLi	B	PRESQUE PLAT OU PENTES TRÈS DOUCES	17
BOURGET 423	L	B-I	PLAT OU PRESQUE PLAT	2
BRANDON	LLi-ALi	M	PLAT OU PRESQUE PLAT	5

620 BULLARD 083	LLi-LS	M-TM	PLAT OU PRESQUE PLAT	1
CHALOUBE 585	L-LLi	I	PLAT OU PRESQUE PLAT	12
CHAMPLAIN 127	LLi	M	PLAT OU PRESQUE PLAT	3
CHAPEAU 300	L-LA	B-MB	DE PRESQUE PLAT À PENTES MODÉRÉES	4
CHÂTEAUGUAY 862	LA	MB-I	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	11
CHICOUTIMI 398	LA-ALi	I-M	PLAT OU PRESQUE PLAT	2
COATICOOK 470	L-LA	B-I	DE PLAT À PENTES DOUCES	8
COTNOIR N.D.	LS-SL	M-TM	PLAT OU PRESQUE PLAT	
COURVAL 019	L-LS	I	PLAT OU PRESQUE PLAT	20
DALHOUSIE 743	LLi-LLiA	I	PLAT OU PRESQUE PLAT	27
DE L'ANSE 795	LA-ALo	M	PLAT	7
DU CREUX 748	LA-A	I	PLAT OU PRESQUE PLAT	11
DUHAMEL N.D.	L-ALo	M-TM	DE PLAT À PENTES DOUCES	
EUGÈNE N.D.	LLi	B-MB	DE PLAT À PENTES FORTES	
FABRE N.D.	ALi	B-MB	DE PLAT À PENTES MODÉRÉES	
GUÉRIN N.D.	A-ALo	M-TM	PLAT OU PRESQUE PLAT	
GUIGUES N.D.	LLi	B-MB	DE PENTES TRÈS DOUCES À FORTES	
GUYENNE N.D.	ALo-ALi	B-MB	DE PRESQUE PLAT À PENTES DOUCES	
HÉBERTVILLE 917	ALi	M-TM	PRESQUE PLAT	4
HENRYVILLE 143	LA-L	B	DE PENTES TRÈS DOUCES À MODÉRÉES	3
HOWICK 901	LLi-A	I	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	6
KAMOURASKA 874	A-ALo	M	PLAT OU PRESQUE PLAT	22
KÉNOGAMI 112	S-SL	B-I	PLAT OU PRESQUE PLAT	3
LABARRE 719	LLiA	M	PLAT OU PRESQUE PLAT	3
LA MALBAIE 072	LLiA	B-MB	DE PENTES TRÈS DOUCES À FORTES	1
LAPLAINE 920	A-ALo	M	PLAT OU PRESQUE PLAT	4
LA POCATIÈRE 727	A-LA	I-MB	DE PRESQUE PLAT À PENTES DOUCES	4
LÉVRARD 039	LA-L	I-M	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	18
LOUTRE N.D.	LS	B-MB	PENTES TRÈS DOUCES OU MODÉRÉES	
MACAMIC N.D.	ALo	B-MB	DE PRESQUE PLAT À PENTES MODÉRÉES	
MELANÇON N.D.	LS-LSA	M	PLAT OU PRESQUE PLAT	
MELBOURNE 504	L	B-MB	DE PENTES TRÈS DOUCES À MODÉRÉES	2
MILBY	Sf-LLi	B-M	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	3

943					
MONTMAGNY	LLi	B-M	PRESQUE PLAT OU PENTES TRÈS DOUCES	2	
151					
MOREAU	LS-LLi	I	PRESQUE PLAT		
779					
NAPIERVILLE	L-LSA	I	PENTES TRÈS DOUCES	6	
211					
NÉDELEC	LLiA	I	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES		
N.D.					
NEUBOIS	L-LLi	MB-I	DE PLAT À PENTES MODÉRÉES	3	
659					
NORMANDIN	LLi-ALi	I-M	PLAT OU PRESQUE PLAT	4	
923					
ORMSTOWN	LLiA-ALi	I	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	2	
859					
PALMAROLLE	ALo	I-M	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES		
N.D.					
PAQUIN	A	B-MB	DE PRESQUE PLAT À PENTES MODÉRÉES		
N.D.					
PÉRIBONKA	LLi-LS	B-I	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES		
814					
PLATON	LA-A	M	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	1	
919					
PONTIAC	L-LLi	B	DE PENTES MODÉRÉES À TRÈS DOUCES	47	
909					
PROVIDENCE	A-ALo	M	PLAT OU PRESQUE PLAT	16	
411					
RÉMIGNY	ALo	M-TM	PLAT OU PRESQUE PLAT		
N.D.					
RIDEAU	LLi-A	B-I	DE PLAT À PENTES MODÉRÉES	47	
740					
ROQUEMAURE	ALo	M-TM	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES		
N.D.					
ROULIER	A-ALo	I	PRESQUE PLAT OU PENTES TRÈS DOUCES		
N.D.					
SABREVOIS	LS-LLi	I	PLAT À PRESQUE PLAT	4	
405					
SAINT-AIMÉ	LS-LLi	I-M	PLAT	7	
705					
SAINT-ANICET	LLi-L	I-M	DE PENTES TRÈS DOUCES À PLAT	3	
251					
SAINT-BENOIT	LS-L	B	PENTES TRÈS DOUCES OU DOUCES	1	
505					
SAINT-BLAISE	A-L	M-I	PLAT OU PRESQUE PLAT	34	
917					
SAINT-HYACINTHE	L-LA	I	PLAT OU PRESQUE PLAT		
490					
SAINT-LAURENT	L-ALi	I	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	13	
351					
SAINT-PASCAL	LA	M	PLAT OU PRESQUE PLAT	7	
170					
SAINT-RAYMOND	L-LS	B-MB	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	8	
086					
SAINT-URBAIN	A-ALo	I	PLAT OU PRESQUE PLAT	29	
522					
SAINT-ZOTIQUE	LA-A	M-TM	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	2	
159					
SAINTE-BARBE	L-LLi	M	PLAT	7	
367					
SAINTE-BRIGIDE	L-LS	I-M	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	7	
612					
SAINTE-ROSALIE	ALo-LLi	I-M	PLAT	252	
124					
SHELDON	LS-LLi	MB-I	PENTES DOUCES	10	
658					
SHIPTON	L	MB-B	PENTES TRÈS DOUCES OU DOUCES	2	

183				
SOULANGES	S-LS	I-M	PLAT	12
484				
SUFFIELD	LA-L	M-I	PRESQUE PLAT	3
104				
TAILLON	L	B	PLAT	26
472				
TILLY	LA	B	PRESQUE PLAT OU PENTES TRÈS DOUCES	5
538				
VALIN	LS-LSA	B	PLAT	
943				
YAMASKA	LLi	I	PLAT	9
300				
TOTAL				888
481				

Tableau - 10.2 :Caractéristiques des sols du groupe 2

SÉRIE SUPERFICIE	TEXTURE	DRAINAGE	TOPOGRAPHIE	
DÉFRICHÉE				(ha)
ACHIGAN	LS-S	I	PLAT OU PRESQUE PLAT	23
352				
ARGENTENAY	S-LS	M-TM	PRESQUE PLAT	
488				
ASTON	S-LS	I-M	PLAT OU PRESQUE PLAT	13
283				
BAIE DES SABLES	LS	TR	PRESQUE PLAT OU PENTES TRÈS DOUCES	
N.D.				
BATISCAN	LLi	B	PRESQUE PLAT	2
173				
BEAURIVAGE	SL-LS	R-TR	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	31
035				
BOTREAU	SL	TM-M	PRESQUE PLAT OU PENTES TRÈS DOUCES	3
099				
COLTON	S-LS	R-TR	DE PENTES MODÉRÉES À TRÈS DOUCES	5
793				
COTEAU	LS	B	PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	2
116				
DANBY	Sg-LSg	TR-B	DE PENTES MODÉRÉES À PRESQUE PLAT	10
274				
DESBIENS	S-SL	B	DE PRESQUE PLAT À PENTES MODÉRÉES	3
630				
DES ORIGNAUX	L-LS	TR-R	PENTES TRÈS DOUCES	6
261				
DES SAULTS	LSf-L	I	PLAT OU PRESQUE PLAT	10
854				
DOLBEAU	LS	B	PLAT OU PRESQUE PLAT	5
399				
DUJOUR	L-A	M	PLAT OU PRESQUE PLAT	2
347				
DUPAS	LS-LLi	I-M	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	7
299				
FLEURY	LLi-LS	M	PLAT OU PRESQUE PLAT	3
058				
FOURCHETTE	L-LSg	M-TM	PLAT OU PRESQUE PLAT	4
345				
HILARION	S-SL	B	DE PRESQUE PLAT À PENTES MODÉRÉES	
732				
HONFLEUR	S-SL	TR	PRESQUE PLAT OU PLAT	16
309				
IRÉNÉE	LS	B-MB	DE PLAT À PENTES DOUCES	1
620				

IVRY 805	S-LS	TR	DE PENTES TRÈS DOUCES À MODÉRÉES	28
JOLIETTE 883	S-SL	I	PLAT	1
JOSEPH 205	LS-SL	M-TM	PLAT	5
KNOWLTON 110	LS	B-M	DE PENTES MODÉRÉES À PENTES T. DOUCES	2
LANORAIE 265	Sf-S	TR-B	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	7
LAPOINTE 877	LS	B	PLAT OU PRESQUE PLAT	5
MASSUEVILLE 585	LSTf-Sf	I	PRESQUE PLAT OU PENTES TRÈS DOUCES	2
MITIS 277	Sg	M-B	PRESQUE PLAT OU PENTES TRÈS DOUCES	
MORIN 507	S-SL	TR	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	48
NEIGETTE 448	Lg	B-MB	DE PLAT À PENTES DOUCES	1
NEW CARLISLE N.D.	LS	TR-R	PRESQUE PLAT	
ORLÉANS 817	LS-LLi	B	DE PRESQUE PLAT À PENTES MODÉRÉES	8
PABOS N.D.	L	B	PENTES TRÈS DOUCES OU DOUCES	
PELLETIER 646	S-SL	I	PRESQUE PLAT	1
PIEDMONT 235	SL-LS	MB	DE PRESQUE PLAT À PENTES MODÉRÉES	14
PIERREVILLE 052	LS-SL	MB-I	PLAT	5
PONT-ROUGE 272	Sg-LSg	TR-R	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	1
RIPON 681	SL	B	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	12
RUBICON 463	LSf	I	PRESQUE PLAT	10
SAINT-AMABLE 695	S	VARIABLE	DE PRESQUE PLAT À PENTES DOUCES	61
SAINT-ANDRÉ 695	LSg	B-TR	DE PENTES TRÈS DOUCES À MODÉRÉES	29
SAINT-FRANÇOIS 714	Sg-SL	B-TR	DE PLAT À PENTES DOUCES	9
SAINT-GABRIEL 515	LS-Sg	TR	DE PENTES DOUCES À PRESQUE PLAT	17
SAINT-JUDE 033	S-SL	I	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	81
SAINT-NICOLAS 223	L	B	DE PRESQUE PLAT À PENTES DOUCES	16
SAINT-PACÔME 773	SL-LS	R-TR	PRESQUE PLAT OU PENTES TRÈS DOUCES	22
SAINT-SAMUEL 327	S-SL	M-TM	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	24
SAINT-SÉBASTIEN 112	LS-LLi	B	PENTES TRÈS DOUCES	4
SAINT-THOMAS 232	Sf-S	B	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	16
SAINTE-HÉLÈNE 005	LSg	B-TR	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	9
SAINTE-PHILOMÈNE 737	Sg	R-TR	DE PRESQUE PLAT À PENTES DOUCES	3
SAINTE-SOPHIE 311	S-SL	B-TR	PENTES TRÈS DOUCES OU DOUCES	12
UPLANDS 920	S-SL	B-TR	PENTES DOUCES OU TRÈS DOUCES	11

VALÈRE 787	Lsf	I	DE PENTES TRÈS DOUCES À PLAT	1
VAUDREUIL 343	Sf-LS	M-TM	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	7
TOTAL 017				641

Tableau - 10.3 :Caractéristiques des sols du groupe 3

SÉRIE FICIE	TEXTURE	DRAINAGE	TOPOGRAPHIE	SUPER- FICIE
DÉFRICHÉE				(ha)
ASCOT 100	L-LS	B	PENTES DOUCES OU MODÉRÉES	18
BROMPTON 290	LS-L	M-TM	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	26
CALAIS 444	L	M	DE PENTES TRÈS DOUCES À MODÉRÉES	30
DESSAINT 810	L-LS	I-M	DE PLAT À PENTES MODÉRÉES	7
DORVAL 805	LA-L	B-MB	DE PRESQUE PLAT À PENTES DOUCES	3
DUFFERIN 077	L-LLi	M	DE PLAT À PENTES DOUCES	12
GREENSBORO 270	L-LLi	B	DE PENTES TRÈS DOUCES À MODÉRÉES	73
MAGOG 078	L-LS	I	DE PENTES TRÈS DOUCES À MODÉRÉES	19
MAWCOOK 646	LS	M	DE PLAT À PENTES TRÈS DOUCES	13
ORFORD 166	L	I	DE PREQUE PLAT À PENTES MODÉRÉES	4
RACINE 591	LS	R-TR	DE PENTES TRÈS DOUCES À MODÉRÉES	8
RAIMBAULT 610	LS	I-M	DE PRESQUE PLAT À PENTES DOUCES	10
RIVIÈRE-DU-LOUP 167	L-LS	B-MB	DE PREQUE PLAT À PENTES MODÉRÉES	17
ROXTON 149	LSg	TR	DE PRESQUE PLAT À PENTES DOUCES	6
SAINT-BERNARD 376	LS-L	B	DE PRESQUE PLAT À PENTES DOUCES	20
SAINTE-MARIE 414	L-LS	I-M	DE PREQUE PLAT À PENTES MODÉRÉES	50
SAVOIE 224	LS-LLi	M-TM	PRESQUE PLAT OU PENTES TRÈS DOUCES	2
SHEFFORD 162	LS-L	B	PENTES DOUCES OU MODÉRÉES	12
SHERBROOKE 070	L-LLi	B	DE PENTES TRÈS DOUCES À MODÉRÉES	8
TREMBLAY 522	LS	B	PENTES DOUCES OU MODÉRÉES	62
WOODBRIDGE 215	L-LS	MB-I	DE PENTES TRÈS DOUCES À MODÉRÉES	39
TOTAL 186				446

RÉSULTATS ET DISCUSSION À LA SÉRIE

Les spécimens, (deux par groupe de sols) de résultats et discussion à la série présentes ici sont une illustration des renseignements fournis aux rapports régionaux quant aux propriétés physiques, chimiques et leur comportement en

fonction des cultures.

Malgré qu'ils constituent le coeur même des rapports régionaux et qu'ils soient essentiels aux professionnels, conseillers agricoles et praticiens pour les recommandations agronomiques, les résultats et discussion à la série prennent ici une importance secondaire étant donné l'aspect global visé résumé aux tableaux synthèses 11,1 à 11,3 faisant état de la modification des propriétés des sols selon les monocultures et, 12,1 à 12,3, de la nature de la dégradation et des recommandations.

Certaines données telles la conductivité hydraulique, le rapport carbone azote (C/N), la capacité d'échange cationique (CEC) et le pourcentage de saturation en bases, sans être essentielles à l'identification des phénomènes, figurent aux tableaux des résultats à cause de la pertinence incontestable de ces informations en aménagement et gestion des sols.

Les valeurs numériques relatives aux propriétés physiques et chimiques, fournies aux tableaux 1 et 2 pour chaque série de sols, sont les moyennes statistiques des valeurs individuelles de 14 échantillons par couche par culture. Même si elles diffèrent d'une culture à l'autre, elles ne sont un indice de dégradation que si elles sont statistiquement différentes de façon significative. Seules les valeurs modifiées de façon significative sont retenues comme indices de dégradation des sols.

À l'item années, il est indiqué depuis combien de temps les champs étudiés sont sous la culture identifiée.

Quant à la superficie défrichée de chaque série de sols, elle figure aux tableaux précédents

SÉRIE-INVENTAIRE : RIDEAU-ÉRODÉ

Caractéristiques

TEXTURE: argile ou loam limono-argileux / argile lourde
DRAINAGE: bien ou modérément bien drainé
TOPOGRAPHIE: de plat à pentes modérées
GROUPE: 1
CULTURE: prairie, maïs, céréale

Région agricole / Superficie

Québec (2)	1 710*
Bois-Francs (4)	2 654
Richelieu-Saint-Hyacinthe (6)	2 795
Sud-Ouest-de-Montréal (7)	12 192
Outaouais (8)	8 845
Nord-de-Montréal (10)	15 956
La-Mauricie (11)	5 642

* Superficie défrichée en ha. Pour tous les types de Rideau.

Résultats et discussions

Les sols Rideau érodé ont été échantillonnés en terrain plat sauf pour quelques sites où les pentes étaient modérées (9 pour cent à 15 pour cent). La structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monocultures de maïs et de céréales: diminution significative du nombre des gros agrégats et du diamètre moyen des particules (Tableau 1). Dans cette même couche, les sols sont compactés sous monoculture de maïs - augmentation significative de la densité apparente et diminution significative de la porosité totale (Tableau 1). Dans la couche inférieure, les sols sont compactés sous monoculture de céréales: augmentation significative de la densité apparente et diminution significative de la porosité totale (Tableau 1). La macroporosité est significativement plus faible sous maïs dans les trois couches et sous céréales dans la couche 1.

L'acidification n'est pas accrue sous monoculture (Tableau 2); les pH

mesurés sont faiblement à moyennement acides dans les couches 1 et 2 et neutres dans la couche 3.

La teneur en matière organique de la couche de surface est de niveau moyen sous prairie et monoculture de maïs et pauvre sous monoculture de céréales (Tableau 2). Elle n'est pas significativement différente selon les cultures.

Les teneurs en éléments minéraux majeurs et mineurs sont généralement assez élevées (Tableau 2). Les éléments dont la teneur varie de façon significative selon les cultures demeurent à des niveaux utiles pour la plante si on fait exception du K sous monoculture de maïs dans les couches 1 et 2 et sous monoculture de céréales dans la couche 1. La teneur en métaux lourds (Cr, Pb et Cd) est indépendante des cultures).

Résumé

En résumé, la structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monocultures de maïs et de céréales. Il y a compactage du sol sous monoculture de maïs dans la couche de surface et sous monoculture de céréales dans la couche inférieure. De plus, il y a surfertilisation en K sous monoculture.

Propriétés physico-chimiques

Couche:	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Cultur:	Prairie	Maïs	Céréale	Prairie	Maïs	Céréale	Prairie	Maïs	Céréale
Année:	4-5	3-3	2-4	4-5	3	2	4-5	3	2-4
Sable: %	18	17	22	13	8	15	5	3	4
Limon: %	41	44	32	37	38	30	31	32	28
Argile: %	41	39	46	50	54	55	64	65	68
Humidité: %	37,0	40,0	43,8	39,0	43,5	38,7	45,2	46,2	41,2
K: cm/hre	6,70	4,88	14,31	4,81	2,35	4,49	2,80	0,96	4,05
Densité: g/cm ³	1,28	1,34	1,31	1,38	1,39	1,37	1,30	1,35	1,39
Porotot: %	49,2	45,9	47,8	46,2	46,8	47,7	50,6	48,8	47,3
Macropor: %	10,2	5,9	3,8	7,0	2,8	7,8	4,8	1,2	4,8
Agrég _{8_5} : %	84,6	32,8	54,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Agrég _{5_2} : %	10,8	35,2	23,8	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Agrég _{2_1} : %	1,2	13,3	7,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
DMP: mm	5,94	3,62	4,55	ND	ND	ND	ND	ND	ND
pH:	6,0	5,8	6,3	6,1	6,5	6,2	6,6	6,9	7,0
M _O : %	3,65	4,40	3,39	1,96	2,32	0,98	0,48	0,69	0,59
C/N:	11,3	12,5	11,4	10,8	11,9	10,2	9,9	11,0	10,1
Ca _{éch} : meq/100g	7,90	8,28	8,43	7,96	9,18	9,22	9,99	9,45	11,91
Mg _{éch} : meq/100g	8,13	3,33	4,63	4,90	6,22	6,64	8,16	8,14	9,63
K _{éch} : meq/100g	0,39	0,70	0,79	0,38	0,70	0,35	0,51	0,63	0,63
CEC: meq/100g	23,45	21,45	21,92	23,79	23,26	25,62	25,17	22,89	28,30
Stt _{bases} : %	53,1	56,4	63,8	57,7	70,4	67,7	75,6	81,8	83,7
P _{disp} : ppm	10,9	38,2	32,8	12,1	18,8	10,9	7,9	8,2	9,6
Fe _{disp} : ppm	243,9	263,6	261,2	243,5	243,7	239,7	231,2	234,4	247,6
Al _{disp} : ppm	1200	1134	1160	1221	1166	1186	1104	1144	1082
Mn _{disp} : ppm	16,80	24,93	21,72	17,22	30,10	20,20	23,81	33,86	25,72
Cu _{disp} : ppm	1,85	2,26	3,91	1,68	2,33	1,48	2,04	2,61	4,05
B _{disp} : ppm	0,64	0,67	0,70	0,66	0,73	0,65	0,80	0,80	0,87
Zn _{disp} : ppm	1,73	3,24	2,50	1,45	3,03	1,49	1,83	2,74	2,42
Mo _{disp} : ppm	0,45	0,68	0,72	0,47	0,73	0,77	0,50	0,76	0,77
Co _{disp} : ppm	0,32	0,33	0,34	0,34	0,41	0,40	0,53	0,55	0,52
Cr _{disp} : ppm	0,39	0,37	0,39	0,44	0,46	0,46	0,57	0,57	0,59
Pb _{disp} : ppm	1,48	1,73	2,03	1,58	1,23	0,92	1,13	1,10	1,33
Cd _{disp} : ppm	0,18	0,20	0,18	0,17	0,17	0,15	0,16	0,17	0,17

SÉRIE-INVENTAIRE : SAINTE-ROSALIE ARGILE LOURDE

Caractéristiques

TEXTURE: argile lourde ou argile
 DRAINAGE: mal drainé
 TOPOGRAPHIE: plat
 GROUPE: 1

CULTURE: prairie, maïs, céréale

Région agricole / Superficie

Québec (2)	2 083*
Beauce-Appalaches (3)	236
Bois-Francs (4)	13 436
Estrie (5)	33
Richelieu-Saint-Hyacinthe (6)	90 412
Sud-Ouest-de-Montréal (7)	85 197
Outaouais (8)	10 524
Nord-de-Montréal (10)	40 769
La-Mauricie (11)	9 722

* Superficie défrichée en ha. Pour tous les types de Sainte-Rosalie.

Résultats et discussions

La structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monocultures de maïs et de céréales: diminution significative du nombre des gros agrégats et du diamètre moyen des particules (Tableau 1). La macroporosité est plus faible sous monoculture dans cette couche et la conductivité hydraulique y est plus faible sous céréales. Dans la couche intermédiaire, la macroporosité est plus faible sous maïs pendant que dans la couche inférieure, la conductivité hydraulique est plus faible sous céréales.

Il y a acidification accrue sous monoculture de maïs dans les trois couches et sous monoculture de céréales dans la couche 2 (Tableau 2). Les pH mesurés varient de moyennement acides à neutres.

La teneur en matière organique dans la couche de surface est de niveau moyen sous prairie comme sous monoculture (Tableau 2) et significativement moins élevée sous monoculture de céréales. Le contenu en matière organique qui est de 145 t/ha sous prairie comparativement à 105 t/ha sous maïs et 100 t/ha sous céréales traduit une diminution réelle de la matière organique.

Les teneurs en Ca, Mg, K et Cu sont indépendantes des cultures. Les autres éléments majeurs et mineurs varient de façon significative selon les cultures et la couche considérée (Tableau 2). Cependant, la majorité demeure à des niveaux utiles à la plante. Les teneurs en K sont excessives sous monocultures dans les couches 1 et 2; les teneurs en P sont plus élevées sous maïs dans les couches 1 et 2 et sous céréales dans la couche 2. La teneur en Cd est indépendante des cultures; la teneur en Cr est plus faible sous maïs dans la couche 2 et celle en Pb sous maïs et céréales dans la couche 2.

Résumé

En résumé, il y a dégradation de la structure, diminution de la matière organique et surfertilisation en K dans la couche de surface des sols sous monocultures de maïs et de céréales. De plus, les sols sont acidifiés sous monoculture de maïs.

Propriétés physico-chimiques

Couche:	1	1	1	2	2	2	3	3	3
Cultur:	Prairie	Maïs	Céréale	Prairie	Maïs	Céréale	Prairie	Maïs	Céréale
Année:	7-12	8	3-3	7-12	8	3-3	7-12	8-10	3-3
Sable: %	6	8	8	8	9	6	8	9	5
Limon: %	31	33	36	28	36	33	31	33	31
Argile: %	63	59	56	64	55	61	61	58	64
Humidité: %	43,8	48,7	46,5	45,2	45,0	44,9	45,8	45,4	46,3
K: cm/hre	20,81	11,05	8,60	0,52	2,88	1,67	1,27	0,63	0,24
Densité: g/cm3	1,16	1,15	1,23	1,34	1,36	1,36	1,37	1,39	1,38
Porotot: %	51,7	52,6	50,6	48,7	47,7	47,9	48,1	47,3	48,5
Macropor: %	7,5	2,9	2,6	2,6	0,1	1,4	1,7	1,1	0,7
Agrég_8_5: %	69,9	16,0	26,5	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Agrég_5_2: %	18,4	37,4	30,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Agrég_2_1: %	3,4	13,5	11,9	ND	ND	ND	ND	ND	ND
DMP: mm	5,20	2,60	3,00	ND	ND	ND	ND	ND	ND
pH:	6,2	5,7	6,2	7,2	6,2	6,6	7,2	6,6	7,2

M_O: %	6,08	5,39	4,64	1,57	3,14	2,03	0,72	0,88	0,59
C/N:	12,0	11,1	11,1	10,4	11,3	10,2	9,0	9,5	7,9
Ca_éch: meq/100g	12,26	11,26	12,21	12,83	10,64	11,49	10,07	10,53	10,44
Mg_éch: meq/100g	6,73	6,52	7,44	8,73	7,00	8,10	7,90	8,22	8,58
K_éch: meq/100g	0,53	0,84	0,84	0,47	0,75	0,74	0,60	0,60	0,68
CEC: meq/100g	31,37	31,11	30,30	28,07	27,25	28,89	23,46	27,61	23,88
Stt_bases: %	61,8	60,7	67,6	81,7	68,5	74,5	87,0	75,8	86,2
P_disp: ppm	20,1	51,8	26,4	7,6	26,3	20,6	9,1	12,6	8,5
Fe_disp: ppm	298,6	347,0	300,6	214,1	309,7	284,0	238,3	244,0	218,4
Al_disp: ppm	851	834	822	814	870	827	855	837	829
Mn_disp: ppm	11,74	16,19	29,16	14,23	11,63	30,28	24,95	21,01	71,18
Cu_disp: ppm	2,52	1,58	1,82	2,33	1,22	1,76	2,53	1,76	2,28
B_disp: ppm	1,58	1,36	1,82	1,60	1,21	1,72	1,66	1,20	1,64
Zn_disp: ppm	1,61	1,28	2,16	0,44	0,57	1,08	0,68	0,87	0,92
Mo_disp: ppm	0,27	0,23	0,36	0,31	0,25	0,36	0,30	0,28	0,40
Co_disp: ppm	0,30	0,22	0,53	0,39	0,21	0,59	0,61	0,34	0,92
Cr_disp: ppm	0,58	0,49	0,61	0,70	0,56	0,67	0,74	0,67	0,81
Pb_disp: ppm	1,75	1,29	2,17	1,23	0,80	1,80	1,17	0,84	1,64
Cd_disp: ppm	0,20	0,18	0,22	0,13	0,14	0,19	0,13	0,12	0,17

SÉRIE-INVENTAIRE : MORIN

Caractéristiques

TEXTURE: sable ou sable loameux
DRAINAGE: très rapidement drainé
TOPOGRAPHIE: de plat à pentes très douces
GROUPE: 2
CULTURE: prairie, maïs, céréale et pomme de terre

Région agricole / Superficie

Québec (2)	9 056*
Outaouais (8)	25 152
Nord-de-Montréal (10)	2 599
La-Mauricie (11)	11 700

* Superficie défrichée en ha.

Résultats et discussions

Les sols Morin ont été échantillonnés sur des terrains plats ou à pentes très douces ($\leq 5\%$). La structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monoculture: diminution significative du nombre des gros agrégats et du diamètre moyen des particules (Tableau 1).

Il y a acidification accrue des sols sous monoculture de pommes de terre et de céréales de même que dans la couche 2 des sols sous monoculture de maïs (Tableau 2). Les pH des sols Morin sont moyennement acides sous monoculture de pommes de terre comparativement à neutres ou faiblement acides pour les autres monocultures et les sols sous prairie.

La teneur en matière organique est de niveau moyen dans la couche de surface (Tableau 2) et indépendante des cultures. Cependant, il y a une diminution réelle du contenu en matière organique sous monoculture de pommes de terre comparativement à la prairie (87 t/ha contre 161 t/ha).

Les teneurs en éléments minéraux majeurs et mineurs varient très peu selon les cultures quelque soit la couche considérée (Tableau 2); ces éléments se retrouvent en concentration généralement égale ou inférieure à celles des sols sous prairie et en aucun cas, ils sont à des doses excessives pour la plante.

Résumé

En résumé, la structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monocultures de maïs, de céréales et de pommes de terre; il y a acidification sous ces mêmes monocultures et diminution de la matière organique sous monoculture de pommes de terre.

Propriétés physico-chimiques

Couche:	1	1	1	1	2	2	2	2
Cultur:	Prairie	Maïs	Céréale	Patate	Prairie	Maïs	Céréale	Patate
Année:	4	3	8	1	4	3	8	1
Sable: %	89	86	81	85	94	94	94	90
Limon: %	8	10	11	12	4	4	2	8
Argile: %	3	4	8	3	2	2	4	2
Humidité: %	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
K: cm/hre	1,76	2,35	1,28	2,69	5,14	9,45	5,44	2,92
Densité: g/cm3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Porosité: %	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Macropor: %	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Aggeg_8_5: %	60,5	16,9	27,8	23,7	ND	ND	ND	ND
Aggeg_5_2: %	17,1	17,6	14,5	17,0	ND	ND	ND	ND
Aggeg_2_1: %	1,9	3,3	2,9	3,6	ND	ND	ND	ND
DMP: mm	4,60	1,76	2,37	2,19	ND	ND	ND	ND
pH:	6,5	6,4	5,9	5,7	6,7	6,3	6,2	5,8
M_O: %	4,83	4,14	3,93	3,79	1,95	1,15	0,88	1,26
C/N:	17,3	17,0	16,4	17,1	18,8	16,8	15,1	15,9
Ca_éch: meq/100g	7,31	5,63	4,20	2,71	6,04	1,61	1,51	0,69
Mg_éch: meq/100g	0,08	0,17	0,13	0,26	0,08	0,06	0,04	0,05
K_éch: meq/100g	0,07	0,43	0,13	0,19	0,04	0,12	0,03	0,04
CEC: meq/100g	14,70	12,22	15,51	13,20	11,44	5,77	7,94	6,92
Stt_bases: %	48,5	56,4	28,8	24,0	53,2	33,2	18,4	12,6
P_disp: ppm	41,8	76,4	17,9	89,2	35,6	28,2	23,2	50,4
Fe_disp: ppm	73,2	92,6	108,3	147,4	67,0	29,9	50,6	47,1
Al_disp: ppm	1899	1797	1927	1928	1890	1930	1878	2043
Mn_disp: ppm	8,70	11,83	6,01	10,34	6,01	1,54	1,42	2,60
Cu_disp: ppm	0,51	0,58	0,70	2,32	0,51	0,22	0,47	0,44
B_disp: ppm	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zn_disp: ppm	1,93	3,14	3,39	4,26	1,52	0,36	0,30	0,78
Mo_disp: ppm	0,84	0,66	0,93	0,89	0,84	0,71	0,91	0,94
Co_disp: ppm	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cr_disp: ppm	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pb_disp: ppm	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cd_disp: ppm	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

SÉRIE-INVENTAIRE : SAINT-JUDE

Caractéristiques

TEXTURE: sable loameux ou sable
DRAINAGE: imparfaitement drainé
TOPOGRAPHIE: de plat à pentes très douces
GROUPE: 2
CULTURE: prairie, maïs et patate

Région agricole / Superficie

Québec (2)	12 043*
Beauce-Appalaches (3)	1 284
Bois-Francs (4)	23 054
Richelieu-Saint-Hyacinthe (6)	31 248
Sud-Ouest-de-Montréal (7)	2 893
Outaouais (8)	1 040
Nord-de-Montréal (10)	8 377
La-Mauricie (11)	1 094

* Superficie défrichée en ha.

Résultats et discussions

Les producteurs de pommes de terre étaient des spécialistes qui effectuaient la rotation suivante: une année de pommes de terre suivie d'une année de céréales.

La structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monocultures de maïs et de pommes de terre tel qu'indiqué par une diminution

significative du nombre des gros agrégats et du diamètre moyen des particules (Tableau 1). La conductivité hydraulique est significativement plus faible sous monoculture de pommes de terre dans les deux couches étudiées.

Il y a acidification accrue sous monoculture de pommes de terre (Tableau 2); les pH y sont fortement acides comparativement à faiblement acides sous prairie.

La couche de surface est pauvre en matière organique sous prairie, moyenne sous pommes de terre et significativement plus faible sous maïs (très pauvre) (Tableau 2); cependant, il n'y a pas de diminution réelle du contenu en matière organique selon les cultures.

La teneur en éléments minéraux majeurs et mineurs est indépendante des cultures pour bon nombre d'éléments et ceux dont la concentration varie de façon significative avec les cultures demeurent à des niveaux utiles pour la plante.

Résumé

En résumé, la structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monocultures de maïs et de pommes de terre; il y a acidification sous monoculture de pommes de terre.

Propriétés physico-chimiques

Couche:	1	1	1	2	2	2
Cultur:	Prairie	Maïs	Patate	Prairie	Maïs	Patate
Année:	3-6	9-15	-	3-6	9-15	-
Sable: %	86	83	82	89	91	83
Limon: %	8	10	14	6	5	14
Argile: %	6	7	4	5	4	3
Humidité: %	ND	ND	ND	ND	ND	ND
K: cm/hre	1,69	3,37	0,41	3,29	4,05	1,16
Densité: g/cm3	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Porotot: %	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Macropor: %	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Agrég_8_5: %	46,5	23,8	23,4	ND	ND	ND
Agrég_5_2: %	16,0	19,0	19,1	ND	ND	ND
Agrég_2_1: %	2,3	3,1	2,9	ND	ND	ND
DMP: mm	3,61	2,24	2,24	ND	ND	ND
pH:	6,1	6,0	5,5	6,4	5,9	5,4
M_O: %	3,27	2,02	3,81	1,66	0,98	2,25
C/N:	18,3	15,1	18,0	18,5	18,9	22,5
Ca_éch: meq/100g	3,12	3,45	2,51	1,45	1,70	1,13
Mg_éch: meq/100g	0,18	0,45	0,56	0,10	0,17	0,10
K_éch: meq/100g	0,05	0,26	0,29	0,03	0,09	0,06
CEC: meq/100g	12,36	10,73	15,65	8,05	7,52	12,74
Stt_bases: %	30,4	37,7	22,1	27,7	26,2	11,9
P_disp: ppm	41,0	102,0	113,0	23,5	15,6	14,3
Fe_disp: ppm	117,5	127,5	136,8	94,1	69,9	132,7
Al_disp: ppm	878	1124	1389	757	1117	1429
Mn_disp: ppm	3,35	4,68	4,92	2,37	0,90	0,90
Cu_disp: ppm	0,73	1,10	0,73	0,47	0,45	0,33
B_disp: ppm	0,08	0,05	0,35	0,05	0,00	0,43
Zn_disp: ppm	0,89	0,88	1,39	0,22	0,22	0,23
Mo_disp: ppm	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Co_disp: ppm	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cr_disp: ppm	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pb_disp: ppm	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cd_disp: ppm	ND	ND	ND	ND	ND	ND

SÉRIE-INVENTAIRE : GREENSBORO

Caractéristiques

TEXTURE: loam ou loam limoneux
DRAINAGE: bien drainé
TOPOGRAPHIE: pentes très douces ou douces
GROUPE: 3
CULTURE: prairie, maïs, céréale et pomme de terre

Région agricole / Superficie

Beauce-Appalaches (3) 1 145*
Estrie (5) 73 270
* Superficie défrichée en ha.

Résultats et discussions

La structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monocultures de maïs et de pommes de terre: diminution significative du nombre des gros agrégats et du diamètre moyen des particules (Tableau 1). La conductivité hydraulique est plus élevée sous monoculture de céréales dans la couche 1.

Il y a acidification accrue sous monoculture de pommes de terre dans les couches 1 et 2 (Tableau 2); les pH mesurés varient de très fortement acides à neutres.

Le pourcentage de matière organique dans la couche de surface indique que les sols sont de niveau moyen sous prairie, maïs et céréales, et pauvre sous pommes de terre (Tableau 2). Cependant, il n'y a pas diminution significative dans la teneur en matière organique des sols sous monoculture versus ceux sous prairie (Tableau 2).

La plupart des éléments minéraux majeurs et mineurs dosés se retrouvent à des niveaux utiles à la plante même ceux dont la teneur varie de façon significative selon les cultures (Tableau 2). Cependant, le P et K font exception puisqu'ils atteignent des niveaux excessifs sous monoculture de pommes de terre dans la couche 1 et des niveaux significativement plus élevés sous cette monoculture dans la couche 2. Les teneurs en métaux lourds (Cr, Pb et Cd) sont significativement plus faibles sous monoculture de pommes de terre dans les couches 1 et 2; ce phénomène est relié à un prélèvement, une absorption plus grande de ces éléments par la récolte en milieu acide. Il serait prudent de doser ces derniers dans les tubercules pour en vérifier la qualité.

Résumé

En résumé, il y a dégradation de la structure dans la couche de surface des sols sous monocultures de maïs et de pommes de terre. Il y a également acidification et surfertilisation en P et K sous monoculture de pommes de terre.

Propriétés physico-chimiques

Couche:	1	1	1	1	2	2	2	2
Cultur:	Prairie	Maïs	Céréale	Patate	Prairie	Maïs	Céréale	Patate
Année:	5-10	2-8	3-5	2-2	5-10	2-8	3-5	2-2
Sable: %	37	43	29	43	38	41	30	40
Limon: %	52	48	57	46	52	49	57	48
Argile: %	11	9	14	11	10	10	13	12
Humidité: %			ND	ND	ND	ND	ND	ND
K: cm/hre	1,43	0,99	6,85	1,49	0,96	1,12	0,49	0,43
Densité: g/cm ³	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Porosité: %	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Macropor: %	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Agreg_8_5: %	65,1	22,8	54,5	20,9	ND	ND	ND	ND
Agreg_5_2: %	14,0	16,7	13,4	19,8	ND	ND	ND	ND

Agreg_2_1: %	1,9	4,6	3,2	4,2	ND	ND	ND	ND
DMP: mm	4,75	2,13	4,06	2,11	ND	ND	ND	ND
pH:	6,5	6,3	6,1	5,0	6,3	6,7	6,0	4,9
M_O: %	3,81	4,01	5,18	3,00	1,66	2,08	1,88	1,37
C/N:	13,2	11,8	14,3	11,5	11,9	11,6	11,2	9,0
Ca_éch: meq/100g	7,11	7,14	5,50	1,43	2,07	5,17	2,71	0,71
Mg_éch: meq/100g	0,26	0,28	0,42	0,17	0,15	0,16	0,33	0,13
K_éch: meq/100g	0,15	0,14	0,16	0,68	0,04	0,06	0,10	0,24
CEC: meq/100g	13,78	15,20	14,26	14,77	8,07	12,31	9,28	10,30
Stt_bases: %	56,0	50,8	44,9	15,8	36,9	46,2	39,4	12,8
P_disp: ppm	59,0	81,2	45,8	201,3	25,2	19,5	19,7	51,6
Fe_disp: ppm	174,0	151,0	215,0	178,5	152,7	113,4	156,9	100,1
Al_disp: ppm	1168	1235	1253	1615	1387	1482	1199	1553
Mn_disp: ppm	57,96	65,28	35,31	27,96	24,47	10,28	41,47	12,93
Cu_disp: ppm	2,01	2,03	3,79	4,62	0,77	1,08	1,13	1,31
B_disp: ppm	0,42	0,48	0,54	0,41	0,77	0,31	0,38	0,22
Zn_disp: ppm	2,17	2,53	7,41	4,23	0,69	0,71	1,95	1,70
Mo_disp: ppm	0,66	0,65	0,46	0,77	0,71	0,74	0,43	0,71
Co_disp: ppm	0,42	0,59	0,59	0,21	0,52	0,24	0,79	0,16
Cr_disp: ppm	0,38	0,34	0,34	0,11	0,71	0,47	0,41	0,16
Pb_disp: ppm	2,73	2,63	2,87	0,57	1,07	1,52	1,39	0,15
Cd_disp: ppm	0,22	0,22	0,22	0,14	0,17	0,19	0,11	0,08

SÉRIE-INVENTAIRE : SHERBROOKE

Caractéristiques

TEXTURE:	loam ou loam limoneux
DRAINAGE:	bien drainé
TOPOGRAPHIE:	de pentes douces à pentes modérées
GROUPE:	3
CULTURE:	prairie, maïs, céréale et pomme de terre

Région agricole / Superficie

Beauce-Appalaches (3)	1 080*
Estrie (5)	8 070

* Superficie défrichée en ha.

Résultats et discussions

Les sols Sherbrooke ont été échantillonnés dans des terrains à pentes douces et à pentes modérées. Les champs de pommes de terre avaient une rotation 2:1 c'est-à-dire deux ans de pommes de terre suivi d'un an de millet. Les champs de céréales n'avaient qu'un an et avaient été précédés de monoculture de maïs pendant 3 ou 4 ans. La structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monocultures de maïs, de céréales et de pommes de terre: diminution significative du nombre des gros agrégats et du diamètre moyen des particules (Tableau 1). Sous monoculture de céréales, la conductivité hydraulique est plus élevée dans la couche 1 et plus faible dans la couche 2 lorsque comparée à celle sous prairie.

Il y a acidification accrue sous monocultures (Tableau 2): les pH varient de fortement acides à neutres selon les cultures et la couche considérée.

La teneur en matière organique dans la couche de surface est de niveau moyen sous prairie et pauvre sous monoculture (Tableau 2); la diminution n'est significative que dans le cas de la monoculture de pomme de terre (124 t/ha sous prairie vs 77 t/ha sous pomme de terre).

La teneur en éléments minéraux majeurs et mineurs varie de façon significative selon les cultures pour plusieurs éléments (Tableau 2); cependant, la majorité demeure à des niveaux utiles à la plante. La teneur en K est excessive dans la couche de surface des sols sous monoculture de céréales et montre un enrichissement significatif sous monocultures de maïs et pommes de terre dans cette même couche. La teneur en P montre un enrichissement significatif dans les deux couches sous monocultures de

céréales et de pommes de terre.

Résumé

En résumé, la structure est dégradée dans la couche de surface des sols sous monocultures; ces sols sont acidifiés et il y a diminution de la matière organique sous monoculture de pommes de terre. De plus, il y a surfertilisation en K des sols sous monoculture de céréales.

Propriétés physico-chimiques

Couche:	1	1	1	1	2	2	2
Cultur:	Prairie	Maïs	Céréale	Patate	Prairie	Maïs	Céréale
Patate							
Année:	5-6	6-6	1-1	2-2	5-6	6-6	1-1
2-2							
Sable: %	41	43	37	47	41	40	37
44							
Limon: %	49	47	51	45	47	50	51
46							
Argile: %	10	10	12	8	12	10	12
10							
Humidité: %	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ND							
K: cm/hre	2,61	1,66	10,70	1,62	0,86	0,43	0,25
0,52							
Densité: g/cm3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ND							
Poro_tot: %	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ND							
Macropor: %	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
ND							
Agreg_8_5: %	85,1	36,9	35,7	8,6	ND	ND	ND
ND							
Agreg_5_2: %	7,1	20,1	19,4	15,3	ND	ND	ND
ND							
Agreg_2_1: %	0,9	4,4	4,6	4,3	ND	ND	ND
ND							
DMP: mm	5,75	3,17	3,07	1,16	ND	ND	ND
ND							
pH:	6,9	6,3	6,5	5,8	6,9	6,3	6,0
5,1							
M_O: %	3,80	3,11	3,13	2,72	1,93	1,21	1,87
1,78							
C/N:	11,8	12,0	12,3	13,7	10,1	9,9	10,7
12,6							
Ca_éch: meq/100g	9,68	4,79	6,88	3,41	3,95	2,81	2,00
1,40							
Mg_éch: meq/100g	0,37	0,27	0,38	0,22	0,25	0,23	0,17
0,16							
K_éch: meq/100g	0,13	0,48	0,62	0,52	0,04	0,10	0,18
0,15							
CEC: meq/100g	14,18	14,38	14,04	13,87	9,00	9,64	10,52
12,14							
Stt_bases: %	11,0	39,9	55,4	29,0	58,4	42,0	25,9
14,4							
P_disp: ppm	14,7	84,9	151,7	147,0	17,5	13,0	34,5
51,9							
Fe_disp: ppm	171,8	149,8	160,0	150,8	119,6	116,5	110,9
93,4							
Al_disp: ppm	1087	1176	1362	1535	1243	1033	1369
1547							
Mn_disp: ppm	82,80	32,40	40,55	19,77	53,52	54,88	14,80
11,49							
Cu_disp: ppm	2,70	2,48	6,31	2,91	1,58	1,07	1,29

1,07								
B_disp: ppm	0,74	0,88	0,94	1,01	0,31	0,69	0,65	
0,61								
Zn_disp: ppm	3,79	3,99	5,92	4,52	1,32	0,80	1,63	
0,53								
Mo_disp: ppm	ND	ND						
ND								
Co_disp: ppm	ND	ND						
ND								
Cr_disp: ppm	ND	ND						
ND								
Pb_disp: ppm	ND	ND						
ND								
Cd_disp: ppm	ND	ND						
ND								

MODIFICATIONS DES PROPRIÉTÉS DES SOLS SELON LES MONOCULTURES

L'analyse statistique des valeurs numériques figurant aux tableaux des propriétés physiques et à ceux des propriétés chimiques a permis de déterminer celles qui sont modifiées de façon significatives par la monoculture. Les résultats et conclusions sont résumés aux tableaux 11 ci-après. La nature des phénomènes de dégradation qui en résulte est identifiée dans des tableaux 12 plus loin.

Tableau - 11.1 : Modifications des propriétés des sols du groupe 1 selon les monocultures.

En raison d'un manque d'espace, voici la signification des abréviations employées:

Monocult = Monoculture DK = Diminution de la conductivité hydraulique AD = augmentation de la densité apparente DP = Diminution de la porosité totale DM = diminution de la macroporosité DA = Diminution des agrégats (8-5 mm) DD = Diminution du DMP DH = Diminution du pH DO = Diminution de la matière organique SP = Surfertilisation en P SK = Surfertilisation en K CR = Pollution par le Cr PB = Pollution par le Pb CD = Pollution par le Cd

SÉRIES	Monocult	DK	AD	DP	DM	DA	DD	DH	DO	SP	SK	CR	PB	CD
ALBANEL	Céréale	-	*	*	*	*	*	-	-	-	*	-	-	-
ALMA	Céréale	*	-	-	*	*	*	*	-	-	-	-	-	-
ANGE-GARDIEN	Maïs	-	-	-	-	*	*	-	*	*	-	-	-	-
ANGLIER argile	Céréale	*	*	*	*	*	*	*	-	-	-	*	-	*
APIKA	Céréale	-	*	-	*	*	*	-	*	-	-	-	-	-
APIKA	Patate	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	-	-	*
BABY	Céréale	*	*	*	-	*	*	*	*	-	*	-	-	*
BABY L-Li-A	Céréale	-	-	-	-	*	*	-	-	-	*	-	-	-
BEARBROOK	Maïs	-	*	-	*	-	-	-	-	-	*	-	-	-
BÉARN	Céréale	-	*	*	-	*	*	-	-	-	*	*	*	*
BÉARN L-Li-A	Céréale	-	*	*	*	*	*	*	-	*	*	*	*	*
BEAUDETTE	Maïs	-	*	*	-	*	*	*	*	*	*	-	-	-
BEDFORD	Maïs	-	*	*	*	*	*	*	*	-	*	-	-	-
BERTHIER	Maïs	-	-	-	-	*	*	*	*	-	-	-	-	-
BERTHIER	Céréale	-	-	-	-	*	*	-	*	-	-	-	-	-
BOUCHERVILLE	Maïs	-	-	-	-	*	*	*	-	-	-	-	-	-
BOUCHETTE	Céréale	*	*	*	*	*	-	-	*	-	-	-	-	-
BOURGET	Patate	*	-	-	-	*	*	*	*	-	-	-	-	-
BRANDON	Céréale	*	-	*	*	*	*	*	-	-	-	*	-	-
BULLARD	Maïs	-	*	*	-	*	*	-	-	*	*	*	-	-
CHALOUPE	Maïs	-	*	*	-	*	*	-	*	*	-	-	-	-
CHALOUPE	Céréale	-	*	*	*	*	*	-	*	*	-	-	-	-
CHAMPLAIN	Maïs	*	*	*	*	-	-	*	-	-	-	-	-	-
CHAMPLAIN	Céréale	-	-	-	*	*	*	*	-	-	-	*	-	-
CHAPEAU	Céréale	-	*	-	-	-	-	-	*	-	-	-	*	-

CHÂTEAUGUAY	Maïs	-	-	-	-	*	*	-	-	*	-	-	-	-
CHICOUTIMI	Maïs	-	-	-	-	*	*	-	*	-	*	-	-	-
COATICOOK	Maïs	*	*	*	*	*	*	-	*	-	-	-	*	-
COTNOIR	Céréale	*	-	-	*	*	-	*	-	*	*	*	-	*
COURVAL	Maïs	*	*	*	*	*	*	-	*	-	-	-	-	-
DALHOUSIE	Maïs	-	-	-	*	*	*	*	-	*	-	-	-	-
DALHOUSIE	Céréale	-	-	-	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-
DE L'ANSE	Patate	*	*	*	*	*	*	*	*	-	-	*	-	-
DE L'ANSE A-Lo	Céréale	*	*	*	*	-	-	-	-	-	*	-	-	-
DU CREUX	Céréale	*	*	-	*	*	*	-	-	*	-	*	-	-
DUHAMEL	Céréale	*	*	-	*	*	*	*	*	-	-	-	-	-
DUHAMEL L	Céréale	-	*	*	*	*	*	-	-	-	-	-	-	*
DUHAMEL A-Lo	Céréale	*	*	*	*	*	*	-	-	-	-	*	*	*
EUGÈNE	Céréale	-	-	-	-	*	*	*	-	*	*	-	-	-
FABRE A-Li	Céréale	-	-	-	-	*	*	-	-	-	*	*	*	*
GUÉRIN	Céréale	*	*	*	*	*	*	*	*	-	*	*	*	*
GUÉRIN A	Céréale	*	*	*	*	*	*	*	*	-	*	*	*	*
GUÉRIN HUM.	Céréale	*	*	*	*	*	*	*	*	-	*	*	-	*
GUIGUES	Céréale	-	-	-	*	*	*	-	-	-	-	-	-	-
GUYENNE	Céréale	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-	-
HÉBERTVILLE	Céréale	*	*	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-
HENRYVILLE	Maïs	-	-	-	-	*	*	*	-	*	-	-	-	-
HOWICK	Maïs	-	*	-	*	-	-	-	*	*	-	*	*	*
KAMOURASKA	Maïs	*	*	*	*	*	*	-	*	-	*	-	-	-
KÉNOGAMI	Maïs	-	-	-	-	*	*	*	-	-	*	*	-	*
KÉNOGAMI	Céréale	-	-	-	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-
LABARRE	Céréale	*	*	-	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-
LA MALBAIE	Céréale	-	-	-	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-
LAPLAINE	Maïs	*	-	-	*	*	*	-	*	-	*	-	-	-
LAPLAINE	Céréale	*	-	-	*	*	*	-	-	-	*	-	-	-
LA POCATIÈRE	Céréale	*	*	*	*	*	*	-	-	-	*	-	-	-
LÉVRARD	Maïs	-	*	*	*	*	*	*	*	-	-	-	-	-
LOUTRE	Céréale	*	-	-	-	-	-	*	-	-	-	*	-	*
LOUTRE	Patate	*	*	*	*	*	*	*	*	-	*	*	-	*
MACAMIC	Céréale	*	*	*	*	*	*	*	*	-	*	*	-	*
MACAMIC CALC.	Céréale	*	*	*	*	*	*	-	*	-	*	-	-	-
MELANÇON	Céréale	*	*	*	-	*	-	-	-	*	*	*	-	*
MELBOURNE	Maïs	*	*	*	-	*	*	-	*	-	*	-	-	-
MILBY	Céréale	-	*	*	-	*	*	*	-	-	-	-	-	-
MILBY	Autre	*	*	*	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-
MILBY L	Céréale	*	*	*	*	*	*	-	*	-	*	-	-	-
MONTMAGNY	Maïs	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-	-	-	-
MOREAU	Patate	-	*	*	*	*	*	*	-	-	-	-	-	-
NAPIERVILLE	Maïs	-	-	-	-	*	*	*	*	-	-	-	*	-
NÉDELEC	Céréale	-	*	-	-	*	*	-	-	*	*	*	-	*
NEUBOIS	Maïs	*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	-	-
NEUBOIS	Céréale	-	-	-	-	*	*	*	-	-	-	-	-	-
NORMANDIN	Maïs	*	-	-	-	*	*	*	-	-	-	-	-	-
ORMSTOWN	Maïs	-	*	*	*	*	*	-	*	-	-	-	-	-
PALMAROLLE	Céréale	*	*	-	*	*	-	*	-	-	*	*	-	-
PALMAROLLE	Autre	*	*	*	*	*	*	-	-	-	*	-	-	-
PALMAROLLE CALC.	Céréale	*	*	*	*	*	*	-	*	-	*	-	*	-
PALMAROLLE HUM.	Céréale	*	*	*	*	*	*	-	-	-	*	-	-	-
PAQUIN	Céréale	-	*	*	*	*	*	-	-	-	*	*	-	*
PÉRIBONKA	Patate	*	*	*	*	*	*	*	*	-	*	-	-	-
PLATON	Céréale	*	-	-	-	*	*	*	-	*	-	-	-	-
PONTIAC	Maïs	-	*	*	*	-	-	*	-	-	*	-	-	-
PONTIAC	Céréale	*	*	*	-	*	*	-	-	-	-	-	-	-
PROVIDENCE	Maïs	*	*	*	*	*	*	-	-	-	*	-	-	-
PROVIDENCE	Céréale	-	-	-	*	*	*	-	-	-	*	-	-	-
RÉMIGNY	Céréale	*	*	*	*	*	*	*	-	-	*	-	*	*
RÉMIGNY HUM.	Céréale	-	-	-	-	*	*	-	-	-	*	*	*	*
RIDEAU	Maïs	*	-	-	-	*	*	-	*	-	*	-	-	-
RIDEAU	Céréale	-	-	-	-	-	-	-	-	*	*	-	-	-
RIDEAU ÉRO.	Maïs	*	*	*	*	*	*	-	-	-	*	-	-	-
RIDEAU ÉRO.	Céréale	-	*	*	*	*	*	-	-	-	*	-	-	-

WOODBIDGE p.tdm Maïs	*	-	-	-	-	-	-	*	*	-
WOODBIDGE p.tdm Céréale	*	*	*	*	-	-	-	-	-	-

Les modifications des propriétés varient en importance, nature et nombre selon les sols et les monocultures. Leur fréquence varie selon les propriétés observées. Compte tenu du nombre de déterminations, celles le plus souvent modifiées sous monoculture sont par ordre d'importance décroissant: la grosseur des agrégats, le diamètre moyen des particules (DMP), la macroporosité, la densité, la conductivité hydraulique, le pH et la teneur en matière organique. Notamment, on observe la détérioration de la qualité de la structure, la baisse de pH, de la teneur en matière organique et de la porosité plus souvent sous maïs que sous céréales. Les cas de surfertilisation au potassium ou au phosphore sont également plus fréquents sous maïs que sous céréales. Par contre, la monoculture de pommes de terre sur les sols légers sableux est plus agressive que le maïs et les céréales quant aux facteurs considérés. De plus, les cas de surfertilisation y sont très fréquents. Peu importe le groupe textural auquel ils appartiennent, la plupart des sols sont marqués de dégradation d'une façon ou d'une autre par les monocultures. Ce qui ne signifie pas pour autant qu'ils doivent être retirés de l'agriculture à brève échéance puisque, dans bien des cas, il s'agit de problèmes qu'on peut qualifier de mineurs, qui peuvent être solutionnés par des mesures simples, économiques et faciles d'application selon que les phénomènes sont attribuables aux façons culturales, à la gestion et à la nature des sols.

PHÉNOMÈNE OBSERVÉS

NATURE DES PHÉNOMÈNES OBSERVÉS

Aux changements de propriétés correspond un phénomène de dégradation des sols. Ainsi, la diminution du diamètre moyen des particules et des gros agrégats est un signe de détérioration de la structure; l'augmentation de la densité apparente, souvent accompagnée de la diminution de la porosité et de la conductivité hydraulique, révèle le compactage; une baisse du pH sur deux couches successives du sol, dont une significativement différente, indique l'acidification: une différence significative à la baisse de la teneur en matière organique tenant compte de sa concentration et de l'épaisseur du labour signifie une diminution de cette dernière et la concentration excessive, i.e. plus de 500 kg ha⁻¹ (sauf pour les sols lourds), de phosphore ou de potassium dans les couches supérieures ou un enrichissement significatif de la couche inférieure du sol (40-60 cm) est signe de surfertilisation tandis qu'un accroissement significatif de la teneur en chrome, en plomb ou en cadmium dans deux couches successives de sols est identifié à la pollution par les métaux lourds.

Dans le cas des monocultures, il est recommandé de réduire le travail du sol en diminuant la profondeur du labour, si ce n'est en l'éliminant complètement, de façon à concentrer la matière organique dans les premiers centimètres et de laisser des résidus de culture en surface dans le but d'améliorer la structure et de freiner l'érosion. Quant aux sols sujets au compactage, il y a lieu d'éviter de trop y circuler avec de lourdes charges. De plus, l'incorporation des prairies en rotation des cultures est reconnue comme l'un des moyens le plus efficace contre la dégradation des sols sous toutes ses formes. Le choix des moyens est laissé aux praticiens et aux conseillers agricoles soucieux de la rentabilité de l'agriculture et de la conservation des ressources.

Tableau 12.1 : Nature de la dégradation des sols du groupe 1 et recommandations.

En raison d'un manque d'espace, voici la signification des abréviations employées -

CO = Compactage DE = Détérioration de la structure AC = Acidification DI = Diminution de la matière organique SU = Surfertilisation PO = Pollution TR = Travail réduit du sol LI = Limite de la charge et de la circulation PF =

Profondeur des labours et préservation de la couche arable RO = Rotation des cultures GE = Gestion de la matière organique CH = Chaulage UT = Utilisation rationnelle des fertilisants et des pesticides

SÉRIES	CO	DE	AC	DI	SU	PO	TR	LI	PF	RO	GE	CH	UT
ALBANEL	*	*			*		-	-	-	-	-		-
ALMA		*	*				-	-	-	-	-	-	-
ANGE-GARDIEN		*	*				-	-	-	-	-	-	-
ANGLIER argile	*	*	*			*	-	-	-	-	-	-	-
APIKA	*	*	*		*		-	-	-	-	-	-	-
BABY		*	*		*		-	-	-	-	-	-	-
BABY LLiA		*			*		-	-	-	-	-		-
BEARBROOK	*				*		-	-	-	-	-		-
BÉARN	*	*			*	*	-	-	-	-	-		-
BÉARN LLiA	*	*	*		*		-	-	-	-	-	-	-
BEAUDETTE		*	*		*		-	-	-	-	-	-	-
BEDFORD	*	*	*	*	*		-	-	-	-	-	-	-
BERTHIER		*	*	*			-	-	-	-	-	-	-
BOUCHERVILLE		*	*				-	-	-	-	-	-	-
BOUCHETTE	*		*				-	-	-	-	-	-	-
BOURGET		*	*	*			-	-	-	-	-	-	-
BRANDON	*	*			*		-	-	-	-	-		-
BULLARD	*	*			*	*	-	-	-	-	-		-
CHALOUPE	*	*		*	*		-	-	-	-	-		-
CHAMPLAIN	*	*	*			*	-	-	-	-	-	-	-
CHAPEAU	*			*	*	*	-	-	-	-	-		-
CHÂTEAUGUAY		*			*		-	-	-	-	-		-
CHICOUTIMI		*		*	*		-	-	-	-	-		-
COATICOOK	*	*		*	*	*	-	-	-	-	-		-
COTNOIR			*		*	*						-	-
COURVAL	*	*		*			-	-	-	-	-		-
DALHOUSIE		*	*		*		-	-	-	-	-	-	-
DE L'ANSE	*	*	*	*		*	-	-	-	-	-	-	-
DE L'ANSE ALO	*				*		-	-	-	-	-		-
DU CREUX	*	*			*	*	-	-	-	-	-		-
DUHAMEL	*	*	*	*	*		-	-	-	-	-	-	-
DUHAMEL LOAM	*	*				*	-	-	-	-	-		-
DUHAMEL ALO		*			*		-	-	-	-	-		-
EUGÈNE		*			*		-	-	-	-	-		-
FABRE ALi		*			*	*	-	-	-	-	-		-
GUÉRIN	*	*	*	*	*	*	-	-	-	-	-	-	-
GUÉRIN ARGILE	*	*	*	*	*	*	-	-	-	-	-	-	-
GUÉRIN HUMIFÈRE	*	*	*	*	*	*	-	-	-	-	-	-	-
GUIGUES		*					-	-	-	-	-		-
GUYENNE			*									-	-
HÉBERTVILLE	*			*			-	-	-	-	-	-	-
HENRYVILLE		*	*		*		-	-	-	-	-		-
HOWICK	*			*	*	*	-	-	-	-	-		-
KAMOURASKA	*	*		*	*		-	-	-	-	-		-
KÉNOGAMI		*	*		*	*	-	-	-	-	-	-	-
LABARRE		*					-	-	-	-	-		-
LA MALBAIE		*					-	-	-	-	-		-
LAPLAINE		*		*	*		-	-	-	-	-		-
LA POCATIÈRE	*	*		*	*		-	-	-	-	-		-
LÉVRARD	*	*	*	*			-	-	-	-	-		-
LOUTRE	*	*	*		*	*	-	-	-	-	-	-	-
MACAMIC	*	*		*	*	*	-	-	-	-	-		-
MACAMIC CAL.	*	*		*	*		-	-	-	-	-		-
MELANÇON	*				*		-	-	-	-	-		-
MELBOURNE	*	*		*	*		-	-	-	-	-		-
MILBY	*	*	*				-	-	-	-	-	-	-
MILBY LOAM	*	*		*	*		-	-	-	-	-		-
MONTMAGNY				*					-	-	-		-

MOREAU	*	*	*									
NAPIERVILLE		*	*	*	*	*						
NÉDELEC	*	*			*							
NEUBOIS		*	*			*						
NORMANDIN		*	*									
ORMSTOWN	*	*		*								
PALMAROLLE	*	*			*							
PALMOROLLE CAL.	*	*		*	*	*						
PALMAROLLE HUM.	*	*			*							
PAQUIN	*	*			*							
PÉRIBONKA	*	*	*	*	*	*						
PLATON		*	*		*							
PONTIAC	*	*	*		*							
PROVIDENCE	*	*			*							
RÉMIGNY	*	*	*		*	*						
RÉMIGNY HUM.		*			*	*						
RIDEAU		*		*	*							
RIDEAU ÉRODÉ	*	*			*							
ROQUEMAURE CAL.	*				*							
ROQUEMAURE ORG.	*	*			*							
ROULIER	*	*			*	*						
ROULIER ARGILE	*	*	*									
SABREVOIS		*	*		*	*						
SABREVOIS LOAM		*		*								
SAINT-AIMÉ		*		*								
SAINT-ANICET	*	*										
SAINT-BENOIT		*	*									
SAINT-BLAISE	*	*			*	*						
SAINT-HYACINTHE		*	*		*							
SAINT-LAURENT		*			*	*						
SAINT-PASCAL												
SAINT-RAYMOND		*			*							
SAINT-URBAIN	*	*			*							
SAINT-ZOTIQUE	*	*		*								
SAINTE-BARBE		*										
SAINTE-BRIGIDE		*										
STE-ROSALIE ALo	*	*	*	*	*							
STE-ROSALIE ALi	*	*			*							
STE-ROSALIE LLiA	*	*										
STE-ROSALIE LLi	*	*			*							
SHELDON LS		*	*									
SHELDON LLi		*	*		*							
SHIPTON					*							
SOULANGES		*	*		*							
SUFFIELD	*	*	*		*							
TAILLON	*	*	*		*	*						
TILLY		*										
VALIN			*		*							
YAMASKA	*	*	*		*							

Tableau 12.2 : Nature de la dégradation des sols du groupe 2 pour le Québec et recommandations.

En raison d'un manque d'espace, voici la signification des abréviations employées -

DE = Détérioration de la structure AC = Acidification DI = Diminution de la matière organique SU = Surfertilisation PO = Pollution TR = Travail réduit du sol LI = Limite de la charge et de la circulation PF = Profondeur des labours et préservation de la couche arable RO = Rotation des cultures GE = Gestion de la matière organique CH = Chaulage UT = Utilisation rationnelle des fertilisants et des pesticides

SÉRIES	DE	AC	DI	SU	PO	TR	LI	PF	RO	GE	CH	UT
ACHIGAN	*					-		-	-	-		

ACHIGAN FIN		*		*							
ARGENTENAY	*	*	*								
ASTON	*		*								
BAIE DES SABLES	*	*	*								
BATISCAN	*		*	*							
BEAURIVAGE	*	*	*								
BOTREAUX	*		*								
COLTON		*	*	*							
COTEAU	*										
DANBY	*	*	*	*							
DESBIENS		*	*	*							
DES ORIGNAUX	*										
DES SAULTS	*										
DOLBEAU	*	*									
DUJOUR	*		*								
DUPAS	*	*									
FLEURY											
FOURCHETTE	*	*		*							
HILARION		*									
HONFLEUR	*	*									
IRÉNEE		*	*								
IVRY	*			*							
JOLIETTE	*	*									
JOSEPH	*										
KNOWLTON		*									
LANORAIE	*		*	*	*						
LAPOINTE	*	*	*								
MASSUEVILLE		*									
MITIS	*	*									
MORIN	*	*	*								
NEIGETTE	*	*									
NEW CARLISLE	*	*									
ORLÉANS	*	*		*	*						
PABOS	*	*		*	*						
PELLETIER	*	*		*	*						
PIEDMONT	*	*									
PIERREVILLE	*		*								
PONT-ROUGE	*		*	*	*						
RIPON	*	*									
RUBICON				*							
SAINT-AMABLE	*	*	*	*	*						
SAINT-ANDRÉ LSG				*	*						
SAINT-ANDRÉ LSGP	*	*		*	*						
ESAINT-ANDRÉ p.p.	*	*	*	*	*						
SAINT-FRANÇOIS											
SAINT-GABRIEL	*	*	*								
SAINT-JUDE	*	*	*								
SAINT-NICOLAS	*	*	*	*	*						
SAINT-PACÔME	*	*		*	*						
SAINT-SAMUEL		*									
SAINT-SÉBASTIEN	*	*		*	*						
SAINT-THOMAS	*			*	*						
SAINTE-HÉLÈNE											
SAINTE-PHILOMÈNE	*										
SAINTE-SOPHIE	*			*	*						
UPLANDS	*	*		*	*						
VALÈRE				*	*						
VAUDREUIL		*	*								

Tableau 12.3 : Nature de la dégradation des sols du groupe 3 pour le Québec et recommandations.

En raison d'un manque d'espace, voici la signification des abréviations employées -

DE = Détérioration de la structure AC = Acidification DI = Diminution de la matière organique SU = Surfertilisation PO = Pollution TR = Travail réduit

du sol LI = Limite de la charge et de la circulation PF = Profondeur des labours et préservation de la couche arable RO = Rotation des cultures GE = Gestion de la matière organique CH = Chaulage UT = Utilisation rationnelle des fertilisants et des pesticides

SÉRIES	DE	AC	DI	SU	PO	TR	LI	PF	RO	GE	CH	UT
ASCOT	*	*			*	-	-	-	-	-	-	-
BROMPTON												
CALAIS												
DESSAINT												
DORVAL	*	*				-	-	-	-	-		-
DUFFERIN		*	*	*				-	-	-	-	-
GREENSBORO	*	*		*		-	-	-	-	-	-	-
MAGOG	*				*	-	-	-	-	-		-
MAWCOOK	*				*	-	-	-	-	-		-
ORFORD	*					-	-	-	-	-		-
RACINE		*									-	-
RAIMBAULT	*	*	*			-	-	-	-	-	-	-
RIVIÈRE-DU-LOUP				*								-
ROXTON		*	*	*				-	-	-	-	-
SAINTE-BERNARD	*			*		-	-	-	-	-		-
SAINTE-MARIE ptd	*					-	-	-	-	-		-
SAINTE-MARIE pd	*					-	-	-	-	-		-
SAVOIE												
SHEFFORD	*					-	-	-	-	-		-
SHERBROOKE	*	*	*	*		-	-	-	-	-	-	-
TREMBLAY												
WOODBIDGE ptdm	*					-	-	-	-	-		-
WOODBIDGE ptd	*	*			*	-	-	-	-	-	-	-

ENVERGURE DES PHÉNOMÈNES

Les phénomènes de dégradation des sols tels le compactage, la détérioration de la structure, l'acidification, la diminution de la matière organique, la surfertilisation et la pollution par les métaux lourds sont identifiés, déterminés par les données de laboratoire. Quant à l'érosion hydrique, conformément aux résultats d'expériences résumés précédemment, elle est considérée réelle et active sur les sols en pente, peu perméables et en monoculture de plantes annuelles. L'érosion éolienne est déclarée active dans des conditions de cultures identiques mais en sols légers sablonneux fins à drainage rapide.

Il importe de rappeler que toute la démarche repose sur les séries de sols. Leur superficie défrichée a donc été mesurée par planimétrie série par série, sans égard à la définition de la ferme au recensement. Il en résulte qu'elle excède celle améliorée des fermes du recensement. Étant donné le manque de concordance entre les deux, elles ont été pondérées pour équivaloir à celle des fermes moins le boisé. La superficie des cultures a ensuite été répartie au prorata des séries.

L'envergure ou l'étendue des phénomènes se mesure à partir des superficies en monoculture de chacune des séries de sols dégradée en allouant, au prorata des séries, les superficies données par culture au recensement. Et ce, pour l'ensemble des séries, en autant que les autres cultures se pratiquent sans égard au type de sols. C'est le cas du maïs et des céréales, se trouvant indifféremment sur sols légers et sur sols lourds, contrairement à d'autres cultures telles les pommes de terre et le tabac, pratiquées surtout sur sols légers. Dans ce cas, l'envergure est déterminée en attribuant toute la superficie recensée aux seules séries de sols où elles ont été observées.

Quant aux céréales, vu que le recensement ne fait pas de distinction entre celles en continu et celles en rotation, donc grainées, le partage est fait en allouant à ces dernières un hectare par 4 hectares de foin en prenant en compte les céréales fourragères pour ainsi estimer la superficie des

céréales en continu.

En lisant en parallèle la figure 1, présentée plus haut, le tableau 13 et la figure 7, on constate que l'envergure des phénomènes est proportionnelle aux superficies en monoculture qui diffèrent selon les régions telles qu'illustrées à la figure 8.

Figure 7 : Envergure des phénomènes de dégradation des sols du Québec

Sans compter les terres noires, la superficie calculée est de 485 790 hectares en monoculture continue pour tout le Québec: 428 555 montrent une détérioration de la structure; 252 065 une diminution de la matière organique; 100 800 du compactage; 207 335 de l'acidification; 308 190 de la surfertilisation; 48 395 de la pollution par les métaux; 45 920 de l'érosion hydrique et 28 625 de l'érosion éolienne. Il ressort que l'étendue des phénomènes de dégradation est fonction de la superficie en monoculture: plus il y a de monoculture dans une région plus il y a de dégradation.

Les phénomènes n'ont cependant pas tous la même envergure et les histogrammes qui suivent montrent leur importance relative pour l'ensemble du Québec (figure 7) et par régions agricoles (figure 8).

Le tableau 13 et les figures 7 et 8 illustrent les résultats de l'inventaire visant à évaluer l'état des sols cultivés, à identifier les phénomènes de dégradation affectant leur qualité et à déterminer leur envergure en territoire agricole québécois.

Il importe de rappeler que les phénomènes ont été identifiés sur la base des critères retenus, des normes d'évaluation définies précédemment et suite aux mesures réalisées au champ et au laboratoire - le pourcentage des agrégats supérieurs à 5 mm après barattage et le diamètre moyen des particules sont des indices pour déterminer la détérioration de la structure; la concentration du P et du K, est supérieure à 500 kg ha⁻¹, dans les 40 premiers cm, sauf pour les sols lourds, et un enrichissement significatif de ces éléments dans la couche inférieure (40-60 cm) est signe de surfertilisation; une baisse significative du pourcentage de matière organique, compte tenu de l'épaisseur de la couche cultivée, est signe de diminution de la matière organique, une baisse du pH sur deux couches successives de sol dont l'une significativement inférieure par rapport au sol témoin est signe d'acidification; une augmentation significative de la densité apparente est signe de compactage et un accroissement significatif de la teneur en Cr, en Pb ou en Cd échangeables sur au moins deux couches successives de sol est signe de pollution par les métaux lourds. L'érosion est estimée de résultats d'expériences menées sous diverses conditions de sols et de cultures.

La gravité des phénomènes n'est pas directement proportionnelle à leur envergure. Par exemple, la détérioration de la structure ne saurait être considérée comme étant le problème le plus grave malgré son envergure. Elle est tout de même signe précurseur d'autres phénomènes de dégradation tels le compactage et l'érosion.

L'inventaire a donc permis de constater que la pratique en continu de monoculture de plantes annuelles selon la régie actuelle impose des contraintes au sol occasionnant:

La détérioration de la qualité de la structure de près de 90 pour cent de la superficie sous monoculture résultant de la fréquence du travail du sol et de la diminution de la matière organique.

La surfertilisation en P et ou en K échangeables de plus de 60 pour cent de la superficie sous monoculture. Qu'elle soit due à des apports excessifs de lisiers, de fumiers ou d'engrais chimiques, elle est non justifiée et considérée comme un risque inutile pour la qualité de l'eau et de l'environnement. Ces éléments de diverses sources atteignent en effet les cours d'eau par écoulement souterrain ou par ruissellement et, dans certains cas, par érosion du sol de surface. Les quantités entraînées sont fortement dépendantes à la fois des volumes d'eau en cause (ruissellement ou percolation) et de la concentration des éléments alors en surface ou dans le sol.

La diminution de la teneur en matière organique de plus de 50 pour cent des sols sous monoculture, davantage marquée sous cultures de pommes de terre et de maïs que sous céréales en dépit que les résidus de récolte soient retournées au sol dans le cas du maïs-grain.

L'acidification qui se manifeste sur plus de 50 pour cent des sols sous monoculture, sauf ceux sous pommes de terre, ils n'atteignent pas dans l'ensemble des niveaux inquiétants. Mais il faut être vigilant et de plus en plus attentif aux besoins d'amendements d'autant plus que les fertilisants ont un effet important dans ce cas-ci.,

Le compactage affectant plus de 20 pour cent des sols en monoculture. Ce phénomène n'a pas été étudié pour les sols sableux de texture grossière (groupe 2 et 3) parce qu'il n'est pas considéré comme un facteur limitatif pour la production dans ces cas-ci.

La pollution par les métaux lourds de 10 pour cent de la superficie en monoculture. L'idée d'utiliser la norme teneur en Cr, en Pb ou en Cd échangeables sur au moins deux couches successives de sol est de dépister et de localiser les sites et les endroits où il y a augmentation de la teneur de ces éléments pour en rechercher les causes et les éliminer.

L'érosion hydrique sur 10 pour cent et **l'érosion éolienne** sur 6 pour cent des superficies en monoculture. Bien que l'érosion ne soit pas le phénomène qui a le plus d'envergure, il est certainement celui qui est le plus spectaculaire.

Tableau - 13 : Envergure des phénomènes de dégradation des sols minéraux par la monoculture.

	(superficiés en hectares)											
Région	1		2		3		4		5		6	
Monocultures	18 670	22 030	4 320	59 100	16 010	153 200						
Détérioration_de_la_structure	18 320	17 550	2 925	53 540	12 220	141 300						
Diminution_de_la_matière_org	1 525	5 660	770	33 310	2 650	100 020						
Compactage	7 900	4 000	250	11 240	1 070	27 060						
Acidification	5 780	10 900	1 265	22 510	4 900	73 400						
Surfertilisation	9 480	9 760	1 440	23 825	2 540	114 410						
Pollution	4 570	4 090	540	6 560	2 380	2 270						
Érosion_hydrique	2 060	6 460	2 500	2 550	6 530	3 840						
Érosion_éolienne	935	1 540	0	2 460	425	2 010						
Région	7		8		9		10		11		12	
Monocultures	102 420	10 530	2 300	65 000	17 800	14 410						
Détérioration_de_la_structure	96 000	8 400	2 000	52 300	14 850	9 150						
Diminution_de_la_matière_org	65 280	1 920	260	31 700	6 000	2 970						
Compactage	28 140	2 400	1 700	7 930	5 160	3 950						
Acidification	42 590	6 850	1 240	19 600	8 740	9 580						
Surfertilisation	84 655	5 035	1 700	43 840	8 175	3 330						
Pollution	15 600	600	1 040	5 630	1 940	2 675						
Érosion_hydrique	6 960	2 250	600	9 30	3 740	1 380						
Érosion_éolienne	4 655	1 600	150	11 35	3 200	300						

Figure 8 : Envergure des phénomènes selon les régions agricoles

RECOMMANDATIONS

La prévention ou la mitigation des problèmes de dégradation des sols agricoles est possible de différentes façons. Les techniques les plus économiques sont souvent les plus appropriées telles la diminution du passage des engins et de la machinerie, le travail minimal du sol, l'utilisation rationnelle des fertilisants et des pesticides, etc. Le travail réduit allant jusqu'à l'absence de travail du sol peut s'avérer efficace dans certaines conditions, mais il n'est pas nécessairement désigné au renouvellement des prairies ou encore sur sols lourds. À chaque problème, sa solution.

Les moyens de prévenir ou d'atténuer **le compactage** se résument en une bonne gestion de la matière organique conjuguée à la rotation des cultures, surtout de plantes à racines profondes, au travail réduit du sol, à l'utilisation de pneus à basse pression, de roues doubles, à la diminution des passages et de la pression exercée par les engins en vue de favoriser le développement et le maintien d'une structure de qualité car la détérioration de la structure est un phénomène précurseur qui conduit souvent au compactage.

Pour contrer **la détérioration de la structure**, en plus des recommandations déjà mentionnées, les travaux doivent être exécutés dans de bonnes conditions d'humidité: éviter le passage de véhicules et d'engins lourds dans les champs en d'autres temps.

L'acidification, indiquée par la baisse du pH du sol, est attribuable au prélèvement d'éléments basiques par les récoltes, à l'apport d'engrais à base d'azote ammoniacale et de soufre, à l'action des microorganismes et au lessivage d'éléments ajoutés.

La réaction ou pH du sol étant déterminante dans la solubilité des éléments minéraux et, de ce fait, dans la capacité des plantes à y puiser ce dont elles ont besoin, il importe de freiner l'acidification et de maintenir ou d'amener les sols à un pH optimum pour la croissance des plantes par l'apport d'amendements calcaires, s chaulage, et l'usage rationnel des engrais chimiques qui ont une action acidifiante.

Le niveau de **matière organique** dépend de la texture du sol. Mais qu'importe, lorsqu'il est inférieur à 3,5 pour cent en sols légers et à 4,5 pour cent en sols lourds, il est considéré comme étant trop bas. On dit alors que le sol est pauvre en matière organique. L'apport sous forme de fumier, de résidus de cultures ou de compost est recommandé. Malgré tout, l'augmentation du pourcentage d'humus du sol est très lent. C'est pourquoi il est recommandé de pratiquer la rotation des cultures, surtout lorsqu'il s'agit de monoculture laissant peu ou pas de résidu au sol telle la pomme de terre et, à un degré moindre, le maïs fourrager, pour favoriser le maintien d'un bon niveau de matière organique.

Sans compter qu'elle est l'une des principales sources d'azote et d'éléments mineurs utiles à la plante, la matière organique améliore la structure et la capacité de rétention de l'eau ce qui diminue les risques de compactage et d'érosion.

Le **contrôle de l'érosion** fait appel à diverses techniques de conservation. Les principales contre **l'érosion hydrique** sont la rotation des cultures, les cultures en bandes alternées, la culture en travers de la pente, la voie d'eau engazonnée, le bassin de captage, la bande riveraine et les terrasses. Certaines de ces pratiques s'appliquent à **l'érosion éolienne** en plus des brise-vent, de l'orientation des champs perpendiculairement aux vents dominants, des cultures-abri et du maintien de la couverture végétale ou de résidus de cultures en surface. Le moyen le plus économique et le plus simple est encore de prévenir les problèmes d'érosion en maintenant les sols à risque sous couverture végétale.

La surfertilisation est identifiée à des teneurs excédant 500 kg ha⁻¹ de P ou de K sous formes échangeables ou assimilables dans l'une ou l'autre des deux premières couches du sol, ou à un enrichissement significatif de ces éléments dans la troisième couche du sol et **la contamination** par les métaux lourds non essentiels aux plantes est définie comme un enrichissement significatif en Cr, en Pb ou en Cd dans deux couches successives de sol.

Ces phénomènes peuvent être évités en augmentant la capacité de rétention du sol par l'apport de matière organique en laissant des résidus de récoltes au sol et épandage de fumier, compost et autres produits organiques, et par l'utilisation rationnelle des fumures: engrais chimiques, fumiers, lisiers et des pesticides prenant en compte la capacité de rétention du sol. Car plus la capacité de rétention est faible, plus le risque de pollution est élevé.

Voilà quelques moyens pratiques, simples et efficaces de lutter contre la dégradation du patrimoine agricole.

CONCLUSION

L'inventaire systématique des problèmes de dégradation de l'ensemble du territoire agricole a été effectué sur les principales séries de sols du Québec.

Ce projet d'envergure a été réalisé suite à l'entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement agro-alimentaire, conclue le 17 février 1987. Il révèle que la monoculture selon les méthodes traditionnelles de travail du sol, occasionne divers phénomènes de dégradation des sols minéraux. Elle se manifeste sous la forme de détérioration de la structure, de compactage, d'acidification, de diminution de la matière organique, d'érosion, de surfertilisation ou de pollution par les métaux.

Ces phénomènes sont rigoureusement identifiés par les modifications des propriétés physiques et chimiques mesurées selon les procédés standard de terrain et de laboratoire ou encore ils sont estimés de divers facteurs ayant trait aux conditions de sols, de terrain et de cultures.

Les données sur les propriétés physiques et chimiques relatives à chaque sol figurent aux résultats et discussion à la série dans les rapports régionaux où les modifications qui vont dans le sens d'une dégradation sont signalées. On y trouve les valeurs numériques et une foule de renseignements concernant la qualité des sols permettant, non seulement d'établir leur vulnérabilité à la dégradation, mais encore de fonder les recommandations agronomiques eu égard aux besoins des plantes cultivées et à la conservation de la ressource. Il est à noter que ces renseignements complètent avantageusement ceux fournis au formulaire, émis par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, accompagnant la demande d'analyse auprès des laboratoires régionaux.

Ils permettent des recommandations selon les propriétés physico-chimiques de la série en cause. Les auteurs sont convaincus qu'avec les cartes pédologiques réalisées comté par comté, identifiant et localisant les sols, les rapports régionaux de l'inventaire des problèmes de dégradation deviendront les documents de base, l'ouvrage faisant autorité en conservation et en amélioration des sols du Québec.

Les règles à suivre pour prévenir ou remédier à la dégradation des sols, sans être exhaustives, faciliteront le choix, des mesures à prendre aux professionnels de l'agriculture soucieux de la conservation de la ressource selon les conditions particulières de sol et de milieu.

Le monde de l'enseignement y trouvera un nouveau matériel didactique concernant les propriétés et vulnérabilité des sols du Québec.

L'inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec ajoute aux connaissances déjà obtenues grâce aux recherches et expertises dans ce domaine et s'inscrit dans la foulée de l'étude des sols réalisée à date.

Le domaine de la recherche en sols vient de s'enrichir d'une banque de données inestimables quant à leur nature, leur quantité et leur pertinence en termes agronomiques.

Il reste encore bien des secrets que la terre ne nous a pas livrés. Il appartient à la science et la technologie de les découvrir. L'inventaire portant sur le comportement des sols minéraux, soumis aux stress des monocultures pratiquées selon les façons culturales traditionnelles, a permis de constater la nature de la dégradation et l'envergure des phénomènes mais il reste à savoir jusqu'à quel point la dégradation est tolérable sans porter atteinte de façon irrémédiable à la qualité de la ressource et du milieu. L'inventaire a permis de constater qu'à bien des égards l'agriculture québécoise est le reflet des conditions pédologiques, climatiques et physiographiques.

En résumé, quatre vingt pour cent des sols sont en bonne santé. Les autres sont plus ou moins détériorés. Il y a donc lieu d'appliquer les mesures d'amélioration et de conservation appropriées. C'est en prenant en compte les propriétés des sols, les risques de dégradation et les mesures de conservation qu'on assurera une agriculture durable et respectueuse de l'environnement. À

preuve qu'il y a encore de l'avenir pour l'agriculture au Québec.

ANNEXE - 1:GUIDE PRATIQUE DE CONSERVATION DES SOLS AGRICOLES

Le meilleur remède contre la dégradation des sols agricoles demeure encore la prévention. Guidé par le gros bon sens, on peut souvent y arriver par des règles simples sans devoir nécessairement abandonner la culture en cause.

En cas de détérioration de la structure:

- rotation des cultures;
- apport de matière organique;
- maintien de la matière organique en surface;
- le travail réduit du sol,
- passage limite des instruments et de la machinerie

En cas de compactage:

- rotation des cultures;
- diminution des charges et de la fréquence des passages;
- utilisation de pneus à basse pression et de roues doubles;
- défense de circuler sur sol humide en l'absence d'un bon lavis racinaire;
- adopter le travail réduit du sol
- culture de plantes à racines profondes.

En cas de diminution de la matière organique:

- rotation des cultures;
- accumulation de résidus de récoltes;
- travail réduit du sol;
- apport d'amendements organiques.

En cas d'érosion hydrique:

- maintien de la couverture végétale;
- résidus de cultures en surface;
- culture en contre pente;
- cultures pérennes;
- travail réduit du sol.

En cas d'érosion éolienne:

- maintien de la couverture végétale;
- cultures pérennes;
- brise-vent;
- travail réduit du sol;

- chaume et résidus de cultures de surface.

En cas d'acidification:

- application d'amendements calcaires;
- dosage des quantités de fertilisants à la capacité de rétention du sol et réponse aux besoins de la plante par des applications répétées au lieu d'une seule dose massive;
- éviter les surdoses d'engrais acidifiants.

En cas de contamination ou pollution:

- augmentation de la capacité de rétention du sol par l'apport de matière organique en laissant des résidus de récoltes au sol et épandage de fumier (lisier), compost et autres produits organiques;
- utilisation rationnelle des fumures et des pesticides pour éviter la contamination des eaux souterraines ou de surface attribuable aux doses massives de fertilisants ou de pesticides.

Gouvernement du Québec

Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation

Direction de la recherche et du développement

Service des sols

Agriculture Canada

Direction générale du développement agricole

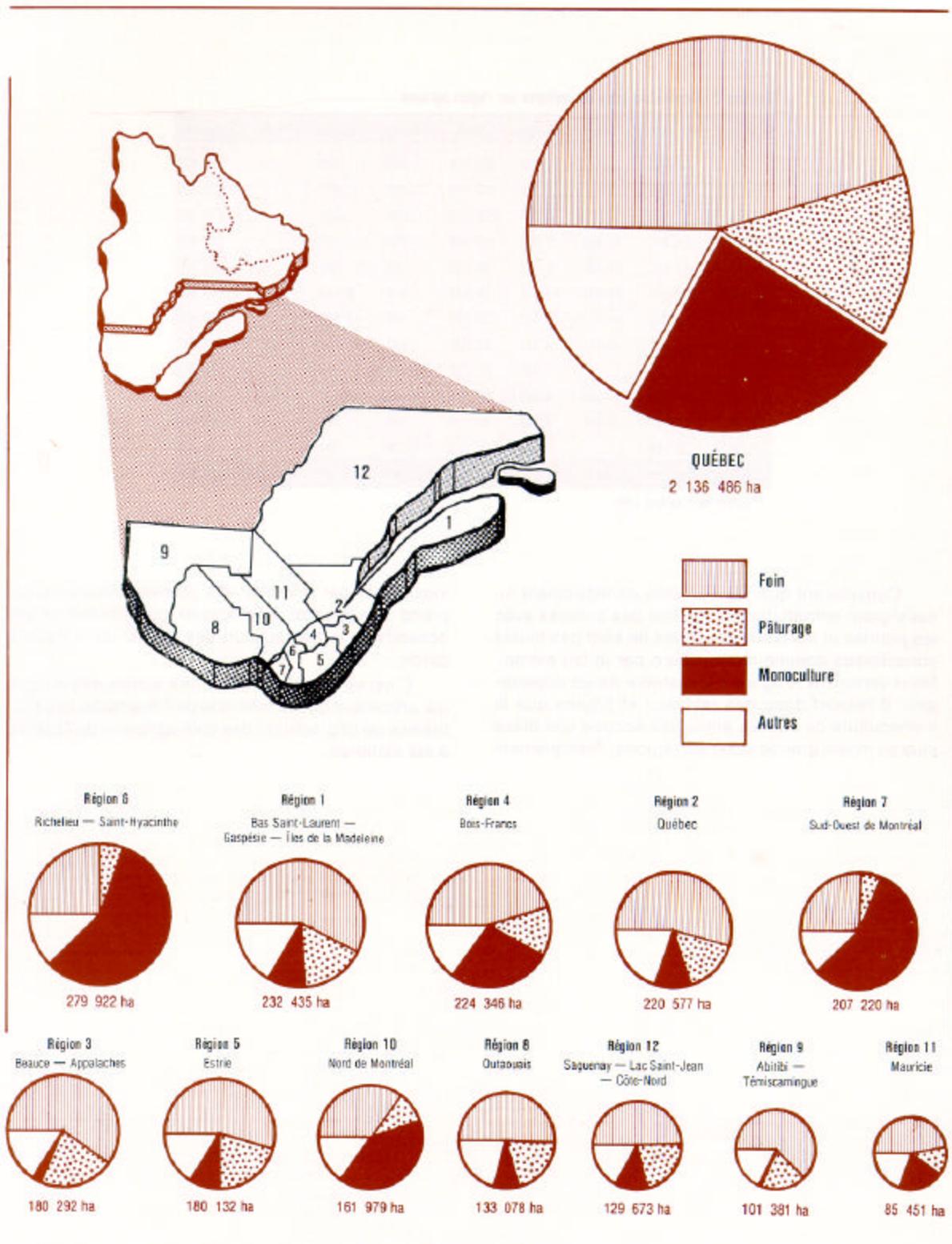
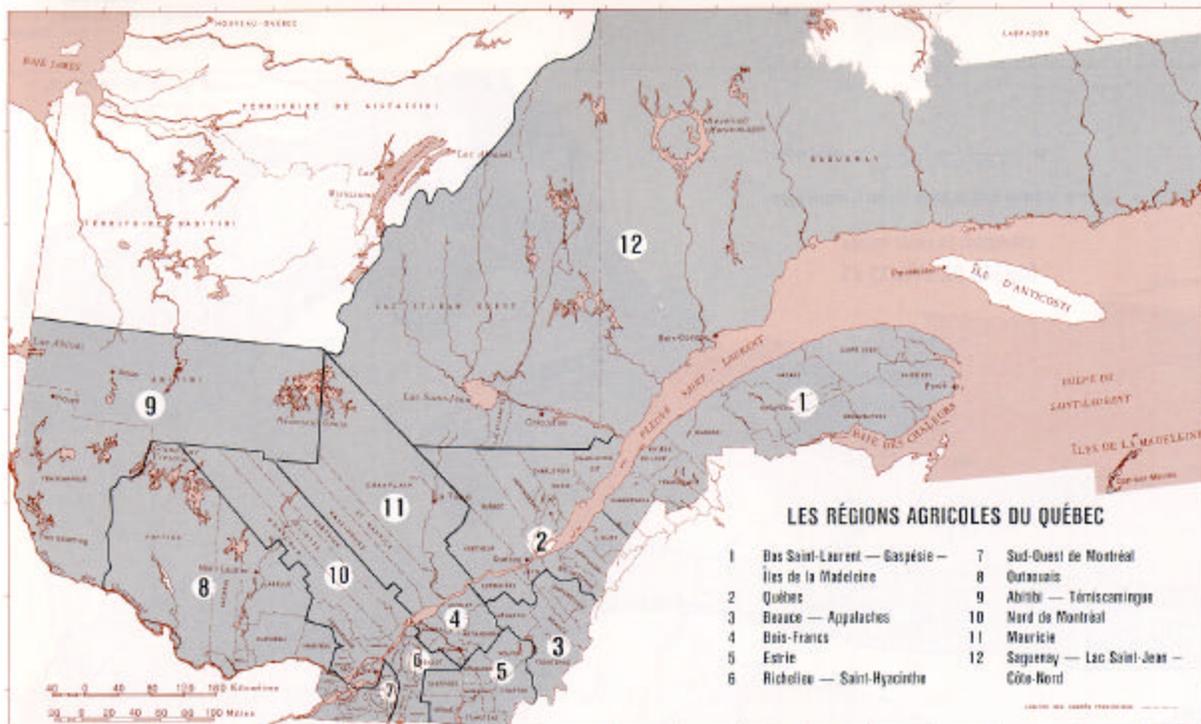
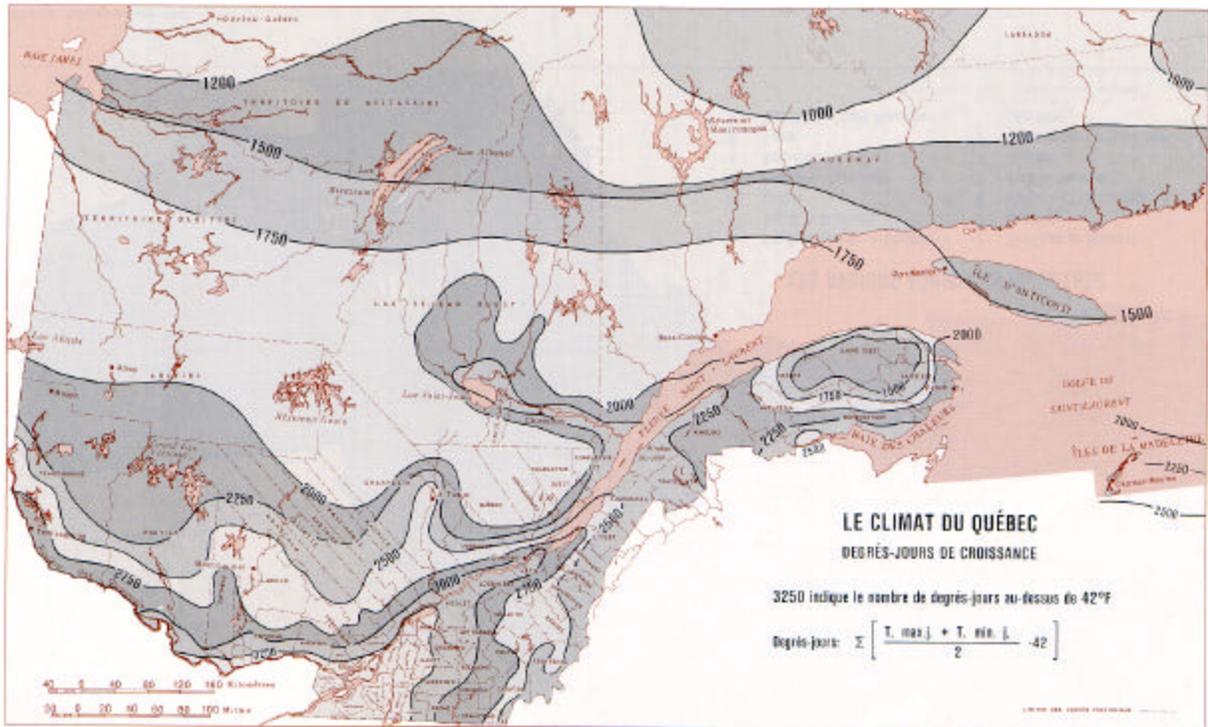


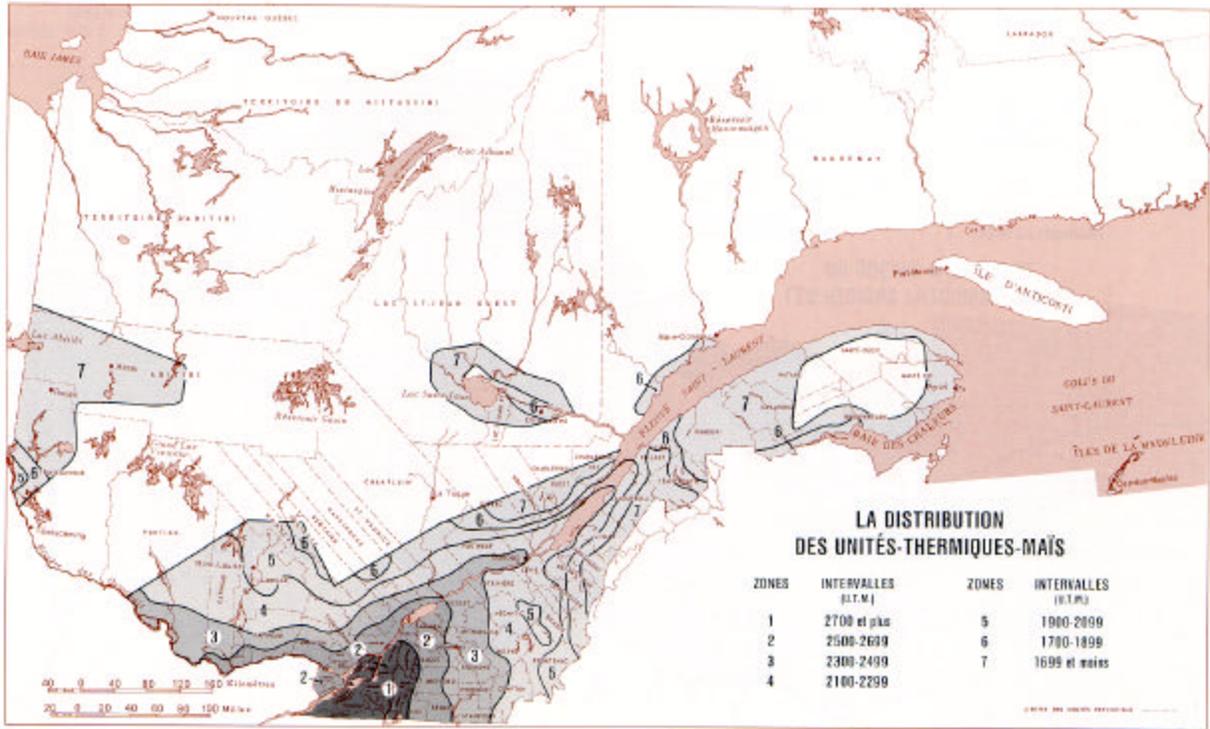
Figure 1



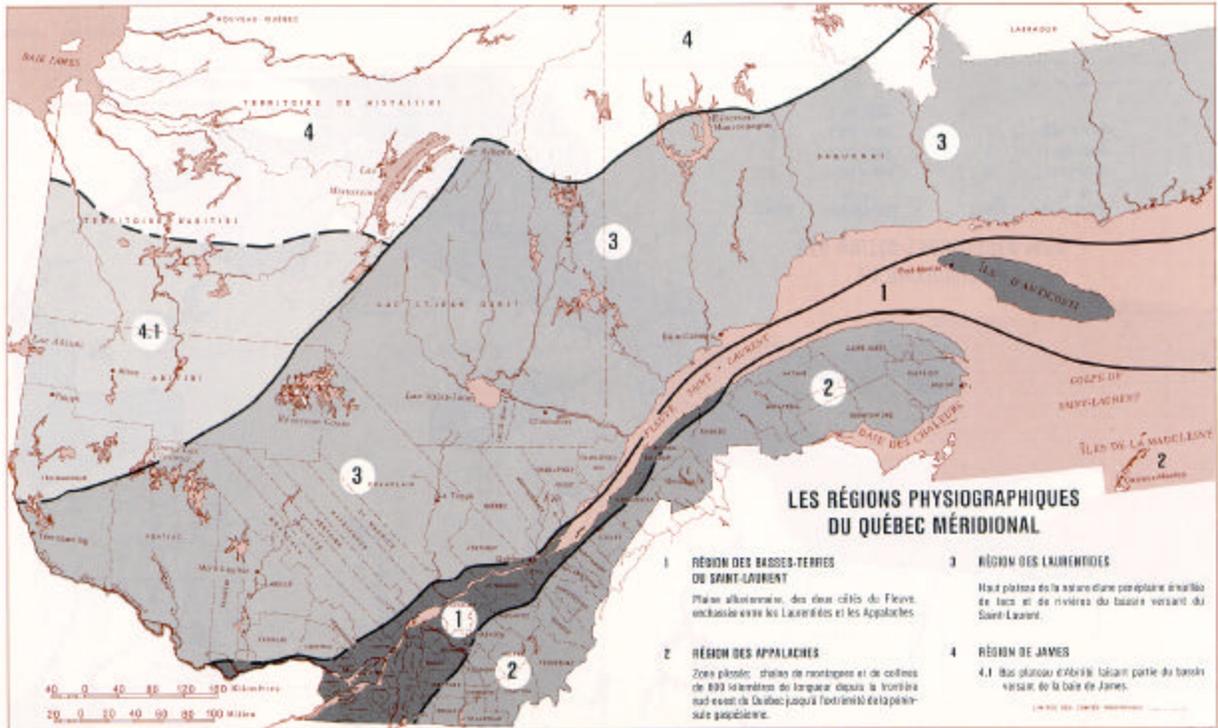
Cartel



Carte2



Carte3



Carte4

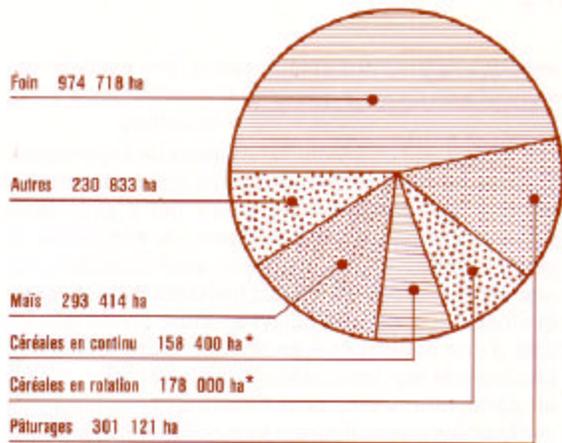


Figure 2.: Répartition selon l'utilisation agricole des terres améliorées du Québec (2 136 486 ha).

*La façon simple de départager les céréales en continu de celles en rotation, donc gainées, est d'allouer à ces dernières un hectare par 4 hectares de foin, en prenant en compte les céréales fourragères. En pratique, il en résulterait 158 400 hectares qui seraient en monoculture de céréales en continu.

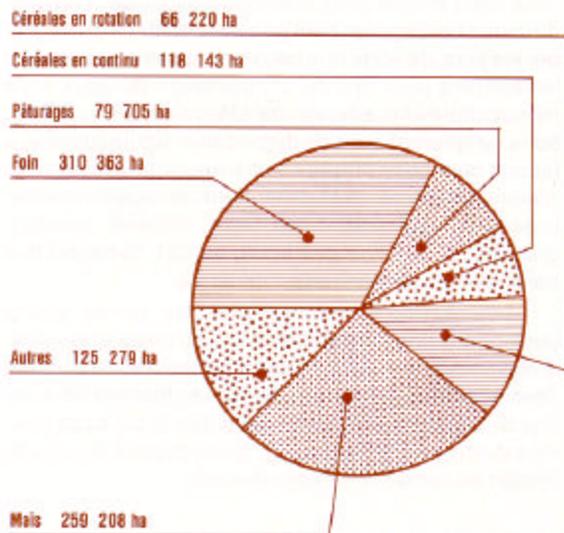


Figure 3.: Répartition selon l'utilisation des terres améliorées des régions agricoles 4, 6, 7, 10 et 11, sises dans la plaine des basses terres du Saint-Laurent (958 918 ha).

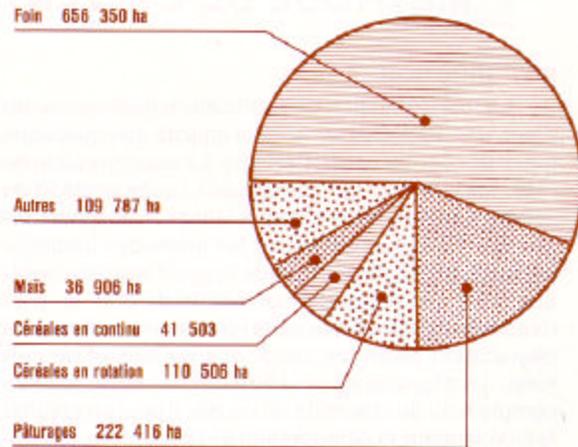


Figure 4: Répartition selon l'utilisation des terres améliorées des régions agricoles 1, 2, 3, 5, 8, 9 et 12, sises en tout ou en partie à l'extérieur des basses terres du Saint-Laurent (1 177 568 ha).

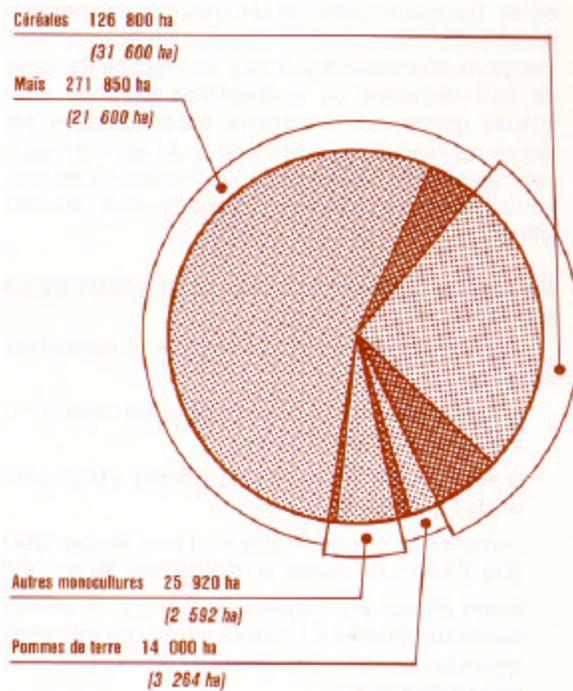


Figure 5: Répartition des monocultures entre les basses terres du Saint-Laurent et les autres régions physiographiques. (497 626 ha).

■ Basses terres du Saint-Laurent ■ Autres régions (hectares)

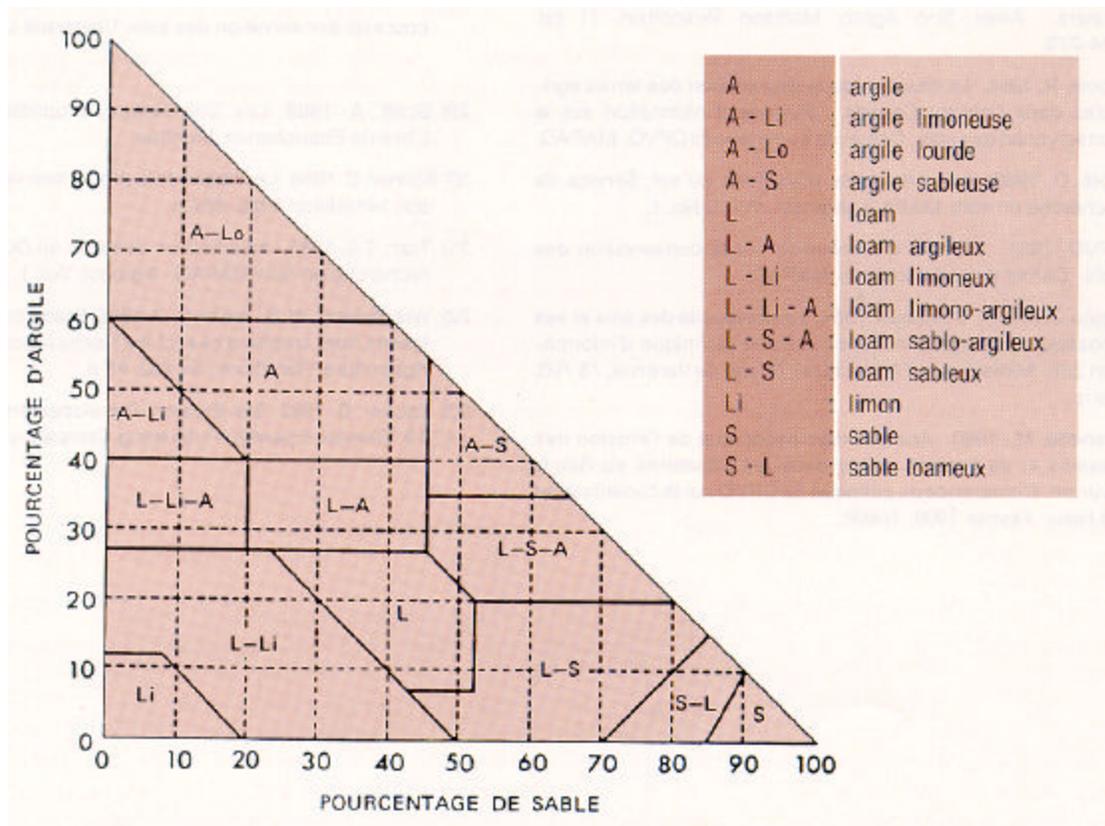


Figure6

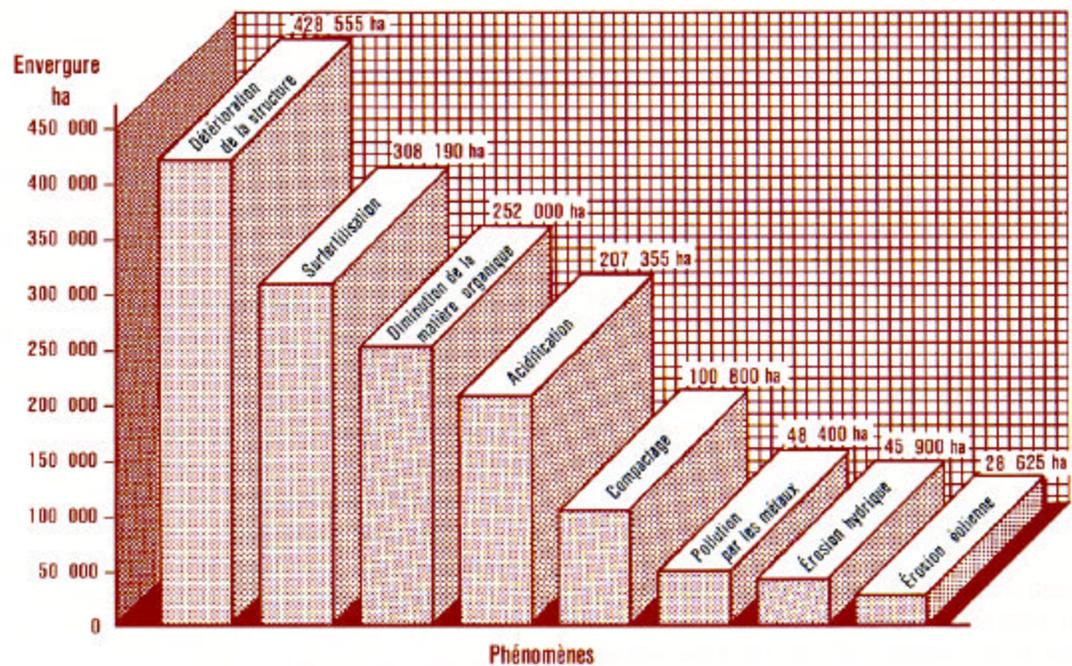


Figure7

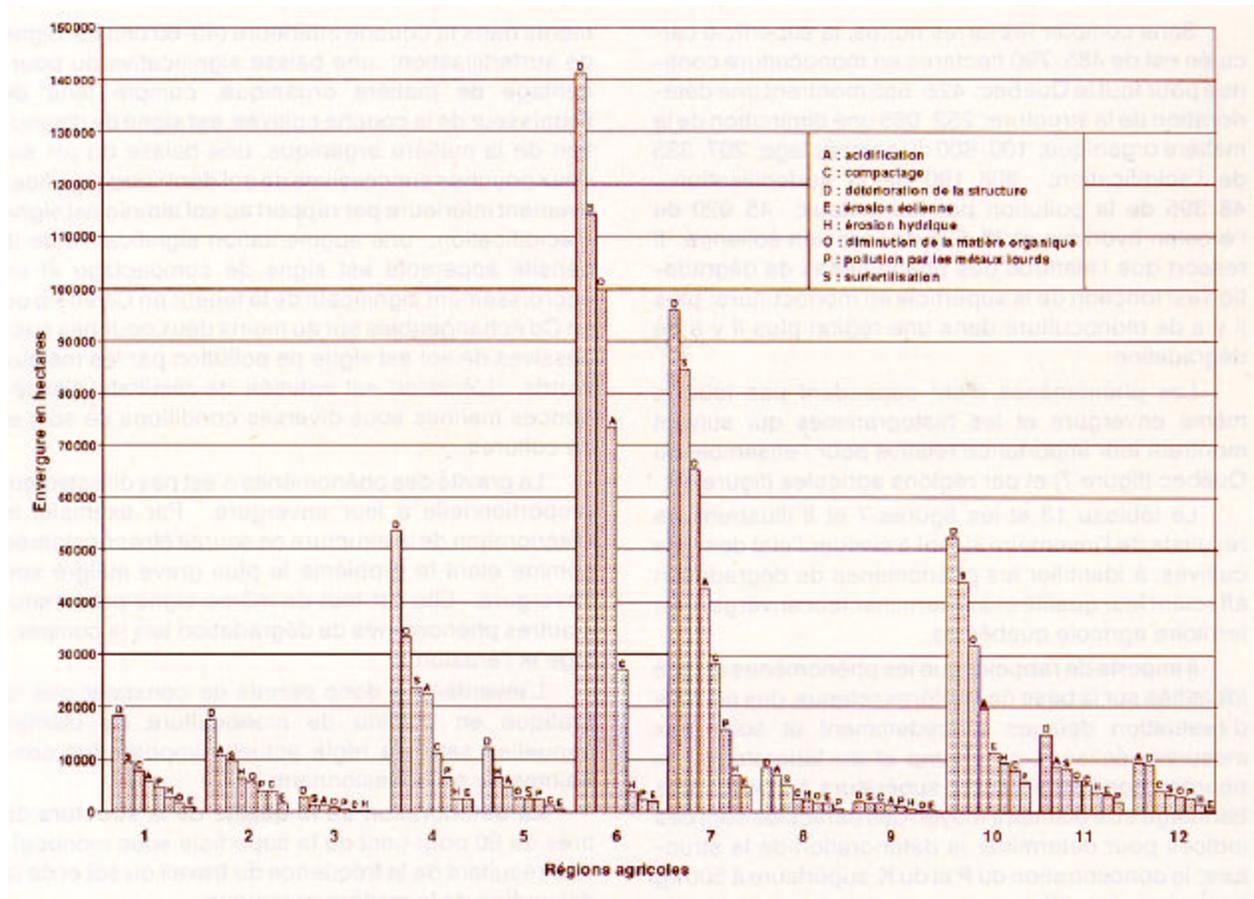


Figure 8