

Les terres agricoles du Canada : dégradation et conservation

Stanislas P. Wicherek, Marc R. Laverdière

Les récents changements de structures, de techniques et de modes d'utilisation des sols en milieu tempéré de plaines et de collines provoquent une spectaculaire dégradation physique, chimique et biologique des terres de grandes cultures. On peut prendre pour exemple les grandes plaines européennes qui, après les récentes mutations au niveau des systèmes de cultures et une forte intensification pendant les 25 dernières années, sont particulièrement touchées par l'érosion hydrique très importante dans les sols limoneux [1-4].

Or, il s'agit de sols fragiles, aisément déstructurés et facilement affectés par des battances et des tassements sous le poids des machines agricoles. Les conséquences économiques sont importantes : au niveau des interfluves, pertes de sols, en tant que ressources non renouvelables à moyen terme, incidence sur les rendements et sur le coût de production agricole par le biais de la compensation des fertilisants naturels disparus en aval, colmatage des réseaux de collecte des eaux pluviales, inondations boueuses dans les agglomérations, accroissement de la turbidité et de la pollution des eaux [2]. Actuellement, en Europe, de nombreux organismes de recherche étudient ces problèmes. Mais les questions por-

tant sur les méthodes d'évaluation des risques, des coûts qui y sont associés et les solutions potentielles à adopter sans bouleverser les orientations socio-économiques de ces régions demeurent jusqu'à ce jour sans réponse précise. Les problèmes de l'agriculture mondiale comme le gel des terres, les aménagements de l'espace rural, la surproduction, les potentialités agricoles (*tableau 1*) sont d'actualité et la situation qui prévaut a amené les auteurs à se pencher sur les impacts de la dégradation des sols du Canada, où la superficie des sols à bon potentiel agricole est relativement restreinte.

Le sol et les ressources en eau du Canada forment l'essentiel de sa richesse agricole. Une prise de conscience récente tend à montrer le niveau de fragilité de ces ressources face à l'activité humaine et aux diverses contraintes du climat. La dégradation de

la ressource sol, entre autres, laisse planer une menace grave sur l'agriculture canadienne [5]. De plus, les dangers d'ordre environnemental risquent d'atteindre des niveaux inacceptables [6]. Selon certaines estimations, les coûts des différentes formes de dégradation seraient de l'ordre de 1,3 milliard de dollars canadiens par année pour le Canada (*tableau 2*). Les pertes attribuées à la dégradation des sols dépassent 15 à 26 dollars par hectare de terre arable par année ; elles représentent en moyenne 38 % du revenu agricole net (*tableau 3*), ce qui se situe à la limite entre perte et profit.

Compte tenu de la place prépondérante qu'occupe l'agriculture dans l'économie canadienne, ces pertes risquent de peser lourdement sur les contribuables canadiens et, en particulier, sur les agriculteurs. Selon *Statistiques Canada* [7], la production, la transfor-

Tableau 1

Quelques statistiques (1990)

Pays	Population (millions hab.)	Surface totale (1 000 km ²)	SAU* Total (%)	SAU* (%)	Part de la population active en agriculture (%)
CEE (12)	328	2 260	58	52,5	7,4
Europe de l'Est	137	1 246	69	65	18,0
Ex-URSS	280	22 275	27	62	15,0
États-Unis	248	9 372	46	48	2,9
Japon	124	372	15		7,9
Canada	26	9 959	5	85	6,0
France	57	551	59	56	3,6

D'après Beaujeu Garnier, *Images du monde*, Sedès, 1991.

* SAU : Surface agricole utile

Some statistics (1990)

S.P. Wicherek : Centre de biogéographie-écologie, ENS-URA 1514 CNRS, Le Parc, 92211 Saint-Cloud, France.

M.R. Laverdière : Département des sols, Faculté des Sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, Québec, G1K 7P4, Canada.

Tableau 2

Estimations des coûts annuels (en millions de dollars Cnd) selon les types de dégradation des sols par province au Canada [8, 28]

Provinces	C.B.	Alb.	Sask.	Man.	Ont.	Québec	Prov. Atl.	Total
Érosion (hydrique et éolienne)	10	200	220	10	68	10	11	529
Déplétion de la matière organique	11	144	170	—	—	—	—	325
Acidification	5	5	50	—	1	4	6	72
Salinisation	—	80	120	12	—	—	—	212
Compactage	12	—	—	—	21	100	6	139
Total	38	429	560	22	90	114	23	1 277

Estimates of annual soil degradation costs per province in Canada (millions \$ Cnd)

mation et la distribution des denrées agricoles au Canada représentaient au milieu des années 80, environ 10 % du produit intérieur brut (PIB). Plus de 650 000 Canadiens, soit 6 % de la population active, vivent de l'agriculture. En 1989, le Canada a exporté pour plus de 10 milliards de dollars de produits agricoles et sa balance commerciale dans ce secteur a enregistré un excédent de 4,4 milliards, soit plus de 20 % de l'excédent total de sa balance commerciale internationale [8].

L'agriculture revêt une importance particulière dans les provinces des Prairies (Manitoba, Saskatchewan et Alberta) où l'on retrouve 80 % des superficies des terres à vocation agricole. Ces terres, qui sont utilisées depuis moins d'un siècle, génèrent 55 % de la production agricole canadienne qui joue

également un rôle déterminant dans l'économie de la plupart des autres provinces canadiennes.

On pourrait croire qu'avec un territoire aussi vaste (*tableau 1*), le Canada jouit d'un réservoir pratiquement inépuisable de terres arables et que la dégradation progressive de certains sols, toute déplorable qu'elle soit, ne constitue pas une menace, mais malheureusement ce n'est pas le cas. En effet, le potentiel agricole de vastes superficies du Canada est très limité par le climat trop froid, des sols trop minces et pierreux et un relief rongé par la dernière glaciation d'il y a quelque 7 000 ans. Plus de 76 % des terres sont virtuellement dépourvues de tout potentiel agricole (*tableau 4*). Les 24 % restants présentent un potentiel agricole varié avec des limites plus ou

moins sévères qui doivent être prises en considération, de sorte que moins de 9 % des terres du Canada sont en mesure de permettre la croissance des cultures en plein champs et que 5 % sont réellement cultivées (*tableaux 1 et 4, figure 1*).

Dégradation des sols au Canada dans le contexte historique

La plupart des types de dégradation des sols ne se sont manifestés que depuis quelques décennies au Canada. Pendant longtemps et jusqu'au milieu des années 40, les activités agricoles dans les provinces du centre et de l'est du Canada étaient axées sur l'accroissement des superficies agricoles, la gestion des forêts, l'amélioration de la fertilité et le drainage des sols. L'agriculture pratiquée était de type mixte, fondée en particulier sur la production laitière. Ce n'était cependant pas le cas dans les Prairies où l'érosion éolienne a été observée dès l'arrivée des premiers colons [9-13]. L'achèvement du *Canadian Pacific Railway* en 1885, rendit accessibles les régions des Prairies et permit leur véritable développement agricole, sans tenir compte de la stabilité des sols ou de leur convenance aux cultures. Les fermiers se préoccupant plus de survivre que de l'état de la conservation des sols, de nombreuses zones furent sérieusement endommagées par ignorance ou mauvaise gestion.

Tableau 3

Variations par province des coûts de la dégradation des sols (en \$ Cnd/ha et en % des autres coûts et recettes agricoles) [8]

Région considérée	Coût par ha de terre agricole (\$ Cnd)	Coûts annuels de la dégradation du sol			
		en % du revenu net	en % des frais d'exploitation	en % des produits agro-chimiques	en % des frais de report sur la dette à long terme
Colombie-Britannique	21,9	33,6	6,7	130,0	44,5
Prairies	19,2	79,0	16,7	106,0	122,5
Centre	25,5	18,1	4,6	48,2	43,7
Atlantique	15,3	17,3	5,0	44,9	66,2

Changes in soil degradation costs per province (in \$ Cnd/ha and in % of other expenses and farm benefits)

Tableau 4

Superficies des terres agricoles au Canada [9-11]

	Superficie (× 10 ⁶ ha)	Pourcentage de la superficie des terres du Canada
Utilisation actuelle :		
- terres cultivées et en jachère	40,7	4,4
- pâturages amendés	4,4	0,5
- autres terres améliorées (construction, etc.)	1,0	0,1
Total des terres améliorées	46,1	5,0
Total de la superficie avec climat approprié à l'agriculture	218,6	23,8
Total de la superficie avec climat limitant grandement l'agriculture par :		
- les basses températures	227,3	24,8
- la sécheresse	29,3	3,2
Superficie restante sans aucune capacité agricole	442,9	48,2
Superficie totale du Canada	918,1	100,0

Agricultural lands in Canada

En 1910, le parlement canadien instaura une Commission de conservation des sols dont le premier mandat consista à dresser un inventaire des régions à problèmes. Les premières mesures de conservation au niveau de l'agriculture furent mises en application dans le centre et l'est du territoire. Elles s'adressaient aux fermiers qui devaient adapter les rotations de cultures, faire un usage avisé des fumiers et des lisiers, contrôler le ruissellement et les inondations dans certains secteurs précis. Des subventions furent versées aux provinces pour qu'elles mettent en place leur propre système de gestion et de conservation des terres, mais le développement erratique des Prairies, favorisé par les rêves d'enrichissement rapide et la disponibilité de vastes superficies de terres « libres », créèrent une situation critique au début des années 20. Ceci fut aggravé par la sécheresse qui sévit entre 1917 et 1920. Durant cette période 10 000 fermiers abandonnèrent leurs terres [14]. Cette situation s'accompagna d'une érosion importante et de difficultés économiques qui marquèrent l'histoire de ces régions durant 20 ans. La deuxième sécheresse des années 30 (contemporaine du *Dust bowl* américain) ne

fit qu'accentuer cette phase de crise.

La plupart des colons du sud des Prairies étaient très sensibilisés aux risques d'érosion éolienne, et cela avant même les grandes sécheresses, mais les pratiques croissantes des jachères d'été (laissant les sols sans végétation, pour permettre d'augmenter les teneurs en nutriments par oxydation des matières organiques et d'accumuler l'eau en prévision des cultures subséquentes afin d'accroître les rendements), ainsi que les labours effectués seulement tous les deux à trois ans sans culture, ont également contribué à accroître la sensibilité des sols.

Afin d'éviter une véritable désertification au coeur des terres dégradées, une station de recherche a été installée par Agriculture Canada, dès 1922, à Swift Current (Saskatchewan), avec pour mandat principal de lutter contre l'érosion éolienne et de protéger les zones humides. L'adoption de la loi de 1935 sur le rétablissement agricole dans les Prairies s'est traduite par la création de la *Prairie Farm Rehabilitation Administration* (PFRA), qui visait aussi à trouver des solutions aux problèmes de sécheresse et d'érosion dans cette région. Au cours des années qui suivirent,

la PFRA prit une série de mesures qui furent à l'origine des succès en matière de conservation des sols du Canada.

C'est également la période du développement des stations de recherche et des fermes expérimentales du ministère de l'Agriculture, dont plusieurs avaient comme mission le contrôle de la dégradation des sols dans cette région. L'implantation de sites de démonstration sur ces fermes expérimentales a permis d'encourager l'emploi de techniques de protection, telles que la culture en bandes, la culture en sillons conduite perpendiculairement aux vents dominants, l'emploi d'engrais verts et l'aménagement de brise-vent. La loi précitée a favorisé la remise en culture de vastes zones abandonnées et fortement érodées pour en faire des pâturages communautaires permanents. Elle a également abouti à la création d'associations ou de regroupements de fermiers pour l'avancement de l'agriculture, au sein desquels ces derniers pouvaient échanger des informations et trouver des solutions à leurs problèmes communs.

Dès 1941, la demande importante d'informations concernant la conservation des sols a entraîné la création d'un Comité national pour l'étude des sols (NSSC — *National soil survey committee*). Des cartes des sols furent dressées et le mandat du PFRA devint permanent dans l'ouest du pays. En 1944, à partir de l'Acte de l'amélioration des fermes (*Farms improvement act*), des crédits furent affectés à la lutte contre l'érosion conduite par les fermiers. En 1945, un Service de planification des fermes, employant dix spécialistes en sols, a été créé. Pendant les 20 années qui suivirent, ils visitèrent environ 1 400 fermes pour prodiguer leurs conseils, et des efforts furent faits pour assurer une meilleure utilisation des terres [14]. Mais ces efforts se relâchèrent progressivement (manque d'entretien des brise-vent, réduction des cultures en bandes), et la sensibilité des sols à l'érosion éolienne refit surface.

Par ailleurs, dans l'Est du pays, dans les provinces Maritimes (Nouveau-Brunswick, Nouvelle-Écosse, Île du Prince-Édouard, Terre-Neuve), la dégradation est d'un autre ordre. Dans cette région, l'érosion hydrique a eu depuis les premiers défrichements, et surtout au cours des 30 dernières années, une

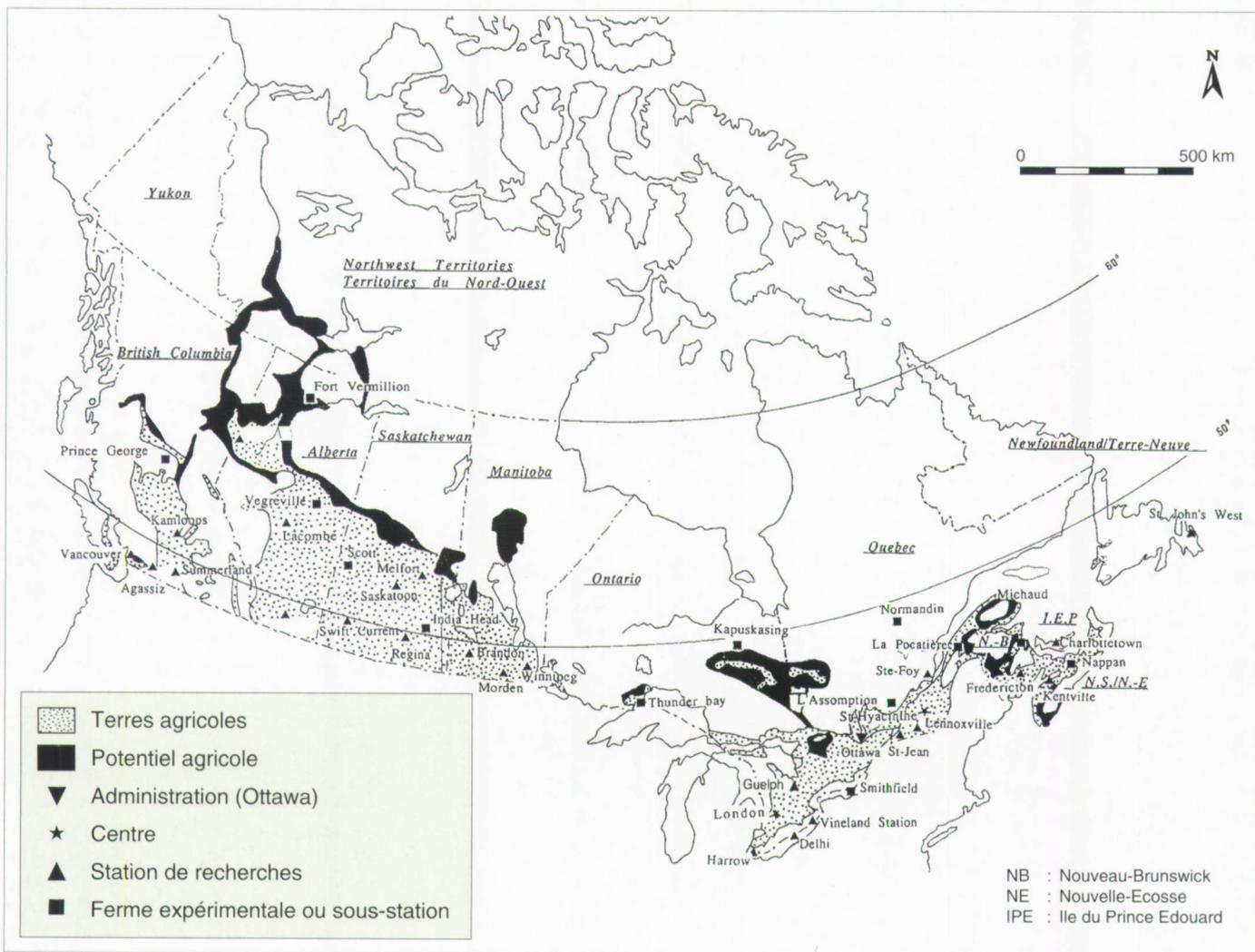


Figure 1. Terres agricoles du Canada et établissements de recherche (d'après [9, 32]).

Figure 1. Agricultural land in Canada and research centers.

incidence significative. La lutte énergique conduite contre l'érosion des sols aux États-Unis, durant les années 30 et 40, a eu certaines répercussions au Canada notamment en Ontario. Cependant, les ressources humaines et financières consacrées à cette lutte n'avaient rien de comparables avec celles engagées aux États-Unis dans le cadre du *Soil Conservation Service*. Il importe cependant de mentionner qu'au Canada, les conditions climatiques et les méthodes d'exploitation agricole n'avaient pas entraîné à cette époque des problèmes d'érosion comparables à ceux auxquels les Américains avaient dû faire face. Certains agriculteurs canadiens qui avaient commencé à expérimenter la culture en terrasses et la culture suivant

les courbes de niveau ont abandonné ces pratiques.

Au cours des années 50, le gouvernement de la Saskatchewan a créé un programme de lutte contre l'érosion et a préconisé l'installation de voies d'eau engazonnées, la dérivation de certains cours d'eau et la culture en bandes dans un bassin versant situé entre Prince-Albert et Yorkton [15]. Le programme, interrompu au début des années 70, a depuis été repris à la demande de agriculteurs locaux. A la même époque, mais dans d'autres régions du pays, des changements importants de modes de cultures, la mécanisation accrue et la spécialisation des agriculteurs ont incité les chercheurs de plusieurs organismes à démarrer des travaux sur le sujet.

C'est ainsi que des parcelles expérimentales, relevant des gouvernements fédéraux ou provinciaux ou des universités, ont été établies pour étudier le mécanisme de l'érosion des sols. Des études ont d'abord été effectuées à partir du milieu des années 50 à Ottawa, puis à Edmonton, à Guelph en Ontario, à Saint-Coeur-de-Marie, à Cap-aux-Corbeaux au Québec et à Charlottetown. Ces travaux, terminés au début des années 70, ont apporté certains résultats alors que de nouvelles études démarraient sensiblement à cette même époque dans d'autres régions du pays, en particulier à Beaverlodge en Alberta, à Fort St-John en Colombie-Britannique, dans la région de la rivière de la Paix, à Truro en Nouvelle-Écosse,

Summary

Agricultural lands in Canada : degradation and conservation

S.P. Wicherek, M.R. Laverdière

Soil degradation has become more important in recent years in temperate regions, under flat and hilly terrains such as those found in northern Europe. This phenomenon, which has been well known for a long time in North America, has received insufficient attention in European scientific literature.

The objective of this paper is to present the situation that prevails in Canadian soils in terms of degradation. The authors discuss more specifically major problems from different regions of Canada, including wind and water erosion, loss of soil structure and compaction as well as acidification and salinization. Thematic maps from previous Canadian studies have been adapted after scientific investigations for the present work. Soil degradation types and their evolution are described first in their historical context. A classification of the parameters involved in the development of these problems is attempted. Cost of degradation in Canada, which has been estimated to 1.3 billion cdn dollars in the mid-eighties, is presented, as well as its impact on farmer's revenue and on Canadian agricultural economy.

In a context of food surplus in developed countries - with fallows imposed or many American farmers for the last decade and more recently in European countries (EEC), with free-trade agreement in North America and opening of the markets at a world wide scale, and with the discussions on the GATT agreements going on between industrialized countries, the Canadian government should adopt positions in regard to soil degradation, to keep Canadian agriculture competitive at the world level. Several countries have much larger area of soils with high agricultural potential combined with milder climatic conditions than Canada, and generate surpluses of agricultural goods. Investment in research to solve the degradation problems of soils is probably only part of the solution to maintain Canadian farmers in business.

The authors aim at making scientists and the policy-makers aware of soil asset problems as a natural resource in degradation. These are universal problems, and the models of ecological soil management remain to be established.

Cahiers Agricultures 1993 ; 2 : 245-55.

dans la région de Frédérictown au Nouveau-Brunswick, ainsi qu'à Lennoxville, Sainte-Anne-de-Bellevue et Saint-Lambert au Québec.

A l'heure actuelle, c'est au Nouveau-Brunswick que la lutte contre l'érosion hydrique est la plus développée : on y assiste à des baisses importantes des teneurs en matière organique et à l'accroissement de la susceptibilité des sols à cette forme de dégradation. Après des années de désintérêt, on protège les champs de pommes de terre contre l'érosion par la construction de terras-

ses de dérivation selon les courbes de niveau et par des canaux de drainage enherbés. Des rotations faisant intervenir les céréales sont de plus en plus utilisées dans la production de pommes de terre dans cette province. En Ontario également, les autorités gouvernementales de la province ont mis sur pied le programme *Tillage 2000 - Land Stewardship program*, dont les objectifs visaient, entre autres, à réduire, dans certains secteurs plus problématiques, les superficies de cultures à grand espacement, tel le maïs, et à les remplacer

par des plantes fourragères comme la luzerne. Au Québec, comme dans plusieurs autres provinces, divers programmes de recherche et de transfert technologique financés conjointement par le biais d'ententes fédérales-provinciales ont été implantés.

D'autres formes de dégradation des sols sont plus ou moins étendues dans diverses régions du Canada, mais peu de mesures importantes ont été prises pour lutter contre ce phénomène.

Le problème de la *salinité* est connu depuis longtemps par les fermiers des provinces des Prairies. Il est lié en partie aux fuites affectant les canaux d'irrigation. Après des recherches préliminaires dans les années 60, ce problème a été pris en considération dans la gestion des cultures et des sols et, actuellement, la salinisation des sols est une des principales préoccupations du milieu agricole de cette région tandis que les responsables fédéraux et provinciaux des programmes de la recherche et de la vulgarisation agricoles lui accordent une grande attention.

En revanche, l'*acidification des sols*, qui est associée au lessivage occasionné par des précipitations importantes pouvant atteindre jusqu'à 1 300 mm dans plusieurs régions du pays, a été amplifiée dans certaines zones agricoles par l'acidité des pluies combinée à l'utilisation massive des fertilisants azotés. Les sols sableux fréquemment utilisés pour la production de pommes de terre, tant au Québec que dans les provinces Maritimes, constituent des zones à susceptibilité élevée. Les problèmes sont aussi amplifiés dans certaines régions par la nature même de la roche-mère qui est à l'origine du sol de surface.

Quant au compactage des sols, associé à la perte de structure ainsi qu'à la réduction des teneurs en matière organique, il s'agit d'un problème particulièrement sérieux portant sur de grandes superficies à texture lourde du Québec [16, 17].

A la fin de 1991, chaque province avait son propre programme de conservation des sols. Le gouvernement fédéral du Canada a établi en 1990 le « Plan vert » pour un environnement sain. En accord avec les provinces, des initiatives prennent systématiquement en compte l'actuel Programme national de conservation des sols : établissement d'un couvert permanent sur les terres écologiquement fragiles, installation de brise-

vent, recherche sur les méthodes de production propices à la conservation des sols, ainsi que création d'un nouveau Centre de conservation des sols dans l'est du Canada.

Les types de dégradation des sols, leurs causes et leurs impacts

Les impacts majeurs résultant de la dégradation des terres agricoles du Canada peuvent se classer en trois catégories :

- perte de sols, de nutriments et de pesticides par l'érosion éolienne et hydrique, détérioration de la qualité de l'eau et des systèmes d'évacuation et d'entreposage ;
- altération chimique des sols par la salinisation et l'acidification ;
- altération physique des sols à la suite de la perte de structure, de l'oxydation des matières organiques et du compactage.

L'érosion appauvrit le sol en épuisant la matière organique, affaiblit sa struc-

ture, diminue sa capacité d'absorption d'eau en abaissant sa productivité [18]. Ces problèmes sont communs à toutes les terres agricoles, de l'île de Vancouver à Terre-Neuve, à des niveaux plus ou moins importants, et touchent des millions d'hectares. Ils coûtent chaque année des millions de dollars canadiens (figures 2, 3, 4, 5). Bien que l'érosion soit un phénomène naturel, et qu'elle parvienne habituellement à maintenir un équilibre avec le taux de renouvellement du sol, de mauvaises pratiques culturales accélèrent considérablement son rythme de progression [19]. Dans les vastes zones à vocation céréalière des Prairies, environ 5 millions d'hectares, ou 14 % des terres améliorées, ont perdu une quantité non négligeable du sol de surface à cause de l'érosion [20]. Si ce phénomène se poursuit à ce rythme, environ 1,1 million d'hectares supplémentaires pourraient être perdus pour l'agriculture d'ici l'an 2010.

L'érosion éolienne

Elle associe des vents à forte vélocité, qui soufflent sur des sols secs, peu structurés et dégagés, à des pratiques culturales qui ne protègent pas le sol [18]. Les labours excessifs dans certaines

régions et la jachère d'été en milieux secs, combinés à la grande dimension des champs laissés sans protection contre les vents, favorisent l'érosion éolienne. Même sous des conditions de plus grande humidité, certains sols sablonneux et organiques demeureront vulnérables en fonction des vitesses des vents [21].

Certaines techniques comme les cultures en bandes, l'implantation de brise-vent et le maintien d'une couche végétale suffisante sont proposées pour lutter contre ce type d'érosion. On associe souvent l'érosion éolienne aux tourbillons de poussières qui ont balayé l'Ouest canadien pendant les « sales années 30 ». Cependant, la sécheresse qui s'est abattue sur cette région au cours des années 1980-1985 a entraîné de nouveau une grave érosion éolienne, particulièrement sévère dans le sud de l'Alberta et de la Saskatchewan, où elle se produit même en hiver lorsque la couverture neigeuse est insuffisante. Certaines régions du sud-ouest du Manitoba sont également vulnérables ; on y a récemment observé des pertes très élevées (plusieurs dizaines de tonnes par hectare) sur de très courtes périodes [22] (figure 2).



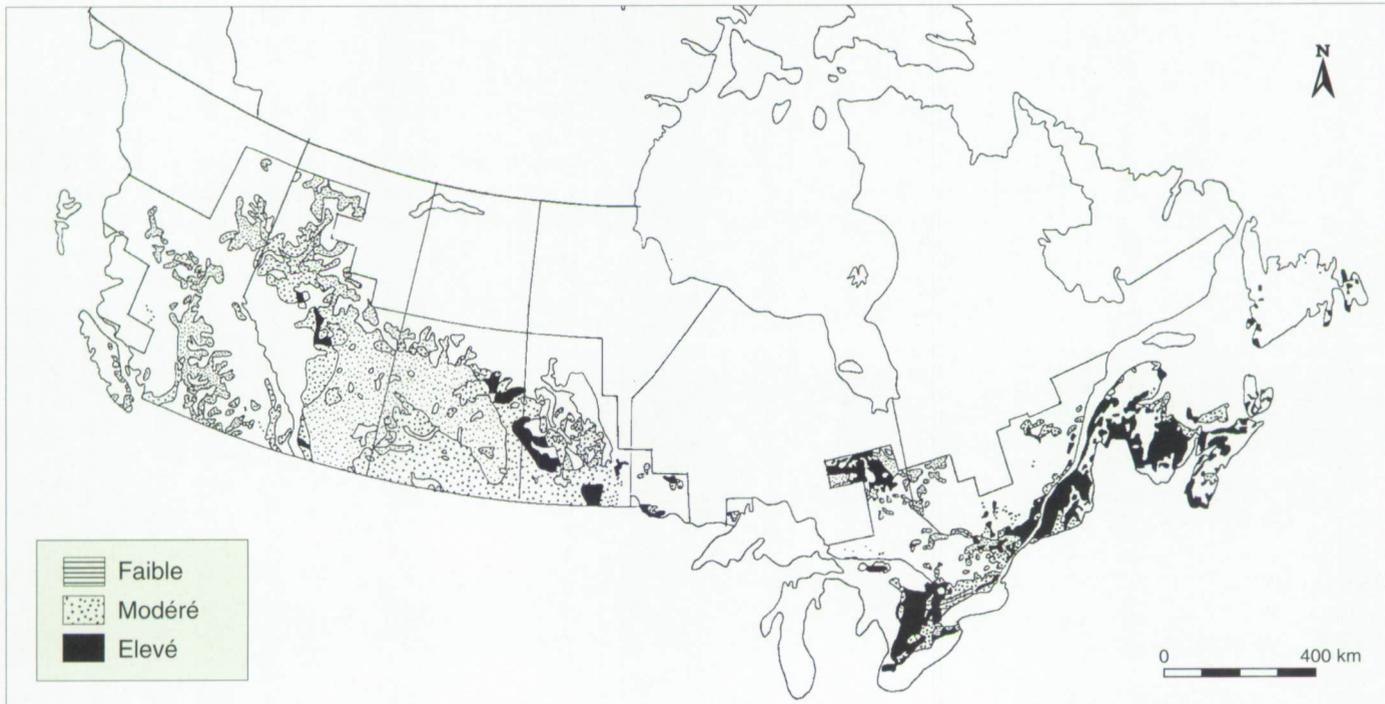
Figure 2. Érosion éolienne (d'après [10, 31, 32]).

Figure 2. Wind erosion.

L'érosion éolienne n'est pas un phénomène qui se limite aux Prairies ; elle est aussi observée en Colombie-Britannique, sur les sols sablonneux utilisés pour la culture des fruits et légumes. Dans le sud de l'Ontario, au cours des 100 dernières années, certaines régions

ont également souffert des effets de l'érosion, après des printemps secs accompagnés de vents violents [23]. La fragilité des sols de cette région est souvent associée à leur utilisation pour la production de cultures sarclées. La dégradation des sols organiques à texture légère a été observée au sud du Québec, où jusqu'à 400 000 m³ de terres arables sont perdus chaque année. Certains secteurs dominés par les sols sableux fins et souvent utilisés pour la production de pommes de terre en monoculture ou de tabac, comme ce fut

ture légère a été observée au sud du Québec, où jusqu'à 400 000 m³ de terres arables sont perdus chaque année. Certains secteurs dominés par les sols sableux fins et souvent utilisés pour la production de pommes de terre en monoculture ou de tabac, comme ce fut



▲ **Figure 3.** Érosion hydrique (d'après [10, 31, 32]).

Figure 3. Water erosion.

Figure 4. Acidification des sols (d'après [10, 31, 32]).

Figure 4. Soils acidification.



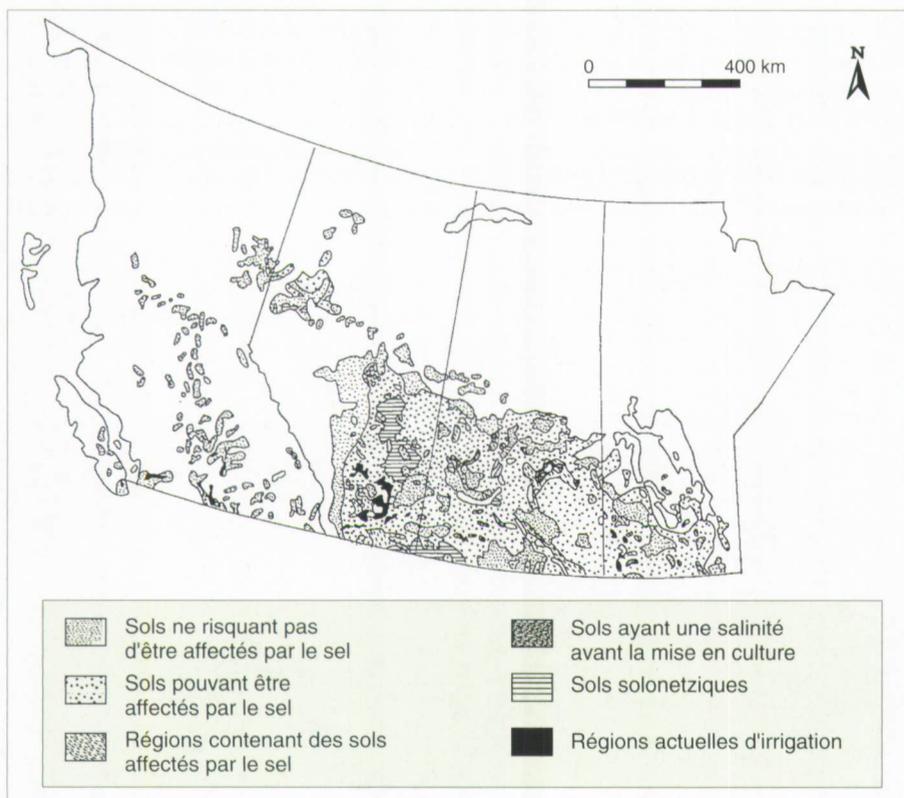


Figure 5. Salinisation des sols (d'après [10, 31, 32]).

Figure 5. Soils salinization.

le cas pendant de nombreuses années, sont également soumis à cette forme de dégradation. Dans les provinces Maritimes, l'érosion éolienne est peu importante, à l'exception de certaines parties de l'Île-du-Prince-Édouard.

L'érosion hydrique

Elle se traduit par la séparation et la redistribution des particules du sol, provoquant des pertes nettes ou des redépôts à l'intérieur du champ de matières organiques, d'argile et de

limon. Les pratiques culturales et les types d'utilisation des sols influencent certaines propriétés, telle la perméabilité, et provoquent la formation de semelle de labour et /ou de croûte de battance qui, à leur tour, favorisent le ruissellement. Ce phénomène, qui se retrouve dans les différentes parties du monde, se manifeste à des intensités différentes dans plusieurs régions du Canada.

Les principaux secteurs touchés sont ceux des champs de pommes de terre du Nouveau-Brunswick, de l'Île-du-Prince-Édouard et de la Nouvelle-Écosse. Des orages d'été de forte intensité, une topographie ondulée, un sous-sol à perméabilité lente et une dominance des cultures sarclées contribuent à intensifier ce problème. Il n'est pas rare d'enregistrer des pertes de sol oscillant entre 20 à 50 tonnes par hectare et par an, ce qui est comparable avec les résultats obtenus en France [19].

Dans d'autres secteurs du Canada, où l'on retrouve des sols argileux ou organiques à texture fine, intensivement cultivés, comme au Québec (Basses-Terres du Saint-Laurent, collines de l'Estrée) [17, 24], ainsi qu'au sud de l'Ontario, où les cultures du maïs et du soja sont largement répandues, il n'est pas rare d'enregistrer des pertes de 2 à 20 tonnes de sol par hectare et par an [25]. En Colombie-Britannique, deux grandes régions ont enregistré des pertes sensibles : les districts de la Rivière-de-la-Paix et la basse vallée du Fraser, utilisés pour les cultures sarclées ou fruitières. Pour le sol des Prairies, une forte

Tableau 5

Trois estimations des superficies affectées par la dégradation des sols et coûts annuels par province [13, 28]

Régions	Sup. (millions d'ha)	Terres améliorées (%)	Coût moyen (millions de \$)	Sup. (millions d'ha)	Terres améliorées (%)	Coût moyen (millions de \$)	Sup. (millions d'ha)	Terres améliorées (%)	Coût moyen (millions de \$)
Colombie-Britannique	0,02	3,5	21	< 0,01	< 0,1	2	0,02	3,5	9
Provinces des Prairies	4,64	12,4	176	6,31	16,6	242	—	—	—
Ontario	0,85	18,8	109	0,04	0,9	5	0,45	10,0	91
Québec	0,20	8,5	11	0,01	0,4	2	0,36	15,3	65
Région de l'Atlantique	0,10	17,2	25	< 0,01	< 0,1	< 1	0,10	17,2	18
Canada	5,84	12,7	342	6,36	13,8	252	0,93	2,0	154

Three estimates of soil degradation areas and annual costs per province in Canada

proportion des pertes totales de sol de surface peut aussi être attribuée à l'érosion hydrique (figure 3). Il y a actuellement une sensibilisation des agriculteurs pour développer une lutte anti-érosive en utilisant certains types d'aménagement et de techniques pour diminuer les dégâts. C'est le cas du sud de l'Ontario, du Nouveau-Brunswick, ainsi que des parties du Québec ayant une agriculture intensive.

La salinisation

C'est un problème presque exclusif des Prairies [20, 26]. Elle se rencontre sous deux formes : la salinité primaire, qu'on trouve quand le sol est naturellement salin, et la salinité secondaire, qu'on associe habituellement à une mauvaise gestion (exemple : insuffisance de drainage après irrigation provoquant une remontée de nappe et de sels). L'extension de la salinité secondaire, qui se produit lorsque les sels se trouvent en forte concentration à la surface du sol ou près de celle-ci, est un grand sujet d'inquiétude. L'eau revient à la surface, habituellement dans les dépressions adjacentes où les sels s'accumulent à mesure que l'eau s'évapore. Les techniques de gestion des terres, comme la jachère d'été, qui augmente le degré d'humidité, accélèrent le processus (figure 5).

L'acidification

Elle est la plus marquée dans l'Est canadien et résulte du lessivage par les précipitations abondantes. Cette forme de dégradation est accrue par le niveau d'acidité des pluies (pH 4 environ) et les apports massifs d'engrais azotés. On peut noter en outre que les zones à risques élevés en raison des caractéristiques mêmes des sols sont localisées dans les corridors des vents dominants en provenance de secteurs fortement industrialisés, tant américains que canadiens. L'emploi de la chaux en quantités adéquates permet de limiter les dégâts en zone agricole, mais cette méthode n'est pas encore assez utilisée. Les milieux forestiers et les plans d'eau sont les plus touchés par cette forme de pollution (figure 4).

La détérioration de la structure et le compactage

Ils se produisent après le travail inten-

sif du sol sous des conditions d'humidité trop élevées et sont associés à la baisse des niveaux de matière organique. Parallèlement à cette détérioration, on assiste à des chutes de la fertilité et à la dégradation de la structure des sols avec diminution importante du volume exploré par les systèmes racinaires des plantes et accroissement de la susceptibilité à l'érosion. C'est dans les sols sableux que les dégâts sont les plus graves, car le travail excessif du sol à l'état sec réduit sa fertilité, tandis que dans les sols argileux, le travail du sol à l'état humide entraîne la perte de fertilité, aggravée par le compactage. La jachère d'été pratiquée dans les Prairies et le travail du sol en lignes dans l'Est et en Colombie-Britannique semblent être les principales causes de perte de fertilité du sol et de détérioration de sa structure dans ces régions. Ces phénomènes se retrouvent également sur différents types de sols et sous différentes cultures, comme c'est le cas au Québec, en Ontario et au Nouveau-Brunswick.

Les estimations des coûts de la dégradation des terres agricoles au Canada varient selon les études effectuées. Les tableaux 2, 4 et 5 présentent certaines valeurs relatives aux pertes encourues.

Activités fédérales et provinciales dans le domaine de la gestion de l'eau et du sol

Les responsabilités en matière agricole, ressources hydrauliques et pédologiques comprises, sont partagées au Canada. Les provinces détiennent le droit de propriété des ressources hydrauliques et des terres, à l'exception de celles qui sont la propriété du gouvernement central (parcs, espaces portuaires, etc.). Elles ont également le droit d'appliquer les lois aux terrains privés. Le gouvernement fédéral a donc une juridiction directe limitée, sauf pour les questions interprovinciales et internationales et, évidemment, pour ce qui touche les terres lui appartenant. Il dispose cependant d'une grande influence dans certaines provinces, en raison du réseau de stations de recherche et de fermes expérimentales implantées par *Agriculture*

Canada (figure 1). Le gouvernement central apporte donc un appui direct au domaine de la recherche en agriculture et aussi, par sa politique, à l'agriculture de chaque province. Le budget annuel de recherche d'*Agriculture Canada* s'élève à environ 65 millions de dollars [13].

Les provinces et les universités mènent également des recherches sur la gestion de la qualité des sols et de l'eau. Dans l'est du Canada et en Colombie-Britannique, l'érosion hydrique, l'évolution de la structure et de la matière organique dans les sols constituent des domaines de recherche importants. Dans les Prairies, l'accent est mis sur le contrôle de la salinité, de l'érosion et de la gestion de l'humidité du sol [27]. Chaque année, environ 3,5 millions de dollars sont investis en recherche fondamentale et appliquée sur la dégradation des terres agricoles au niveau provincial. Depuis le début des années 90, le gouvernement central, conjointement avec les provinces, a lancé un nouveau programme, le Plan vert [29, 30], visant à promouvoir la qualité de l'environnement et incluant donc certains travaux reliés à la conservation des sols et de l'eau. Un nouveau centre de conservation, destiné à fournir des informations aux divers organismes œuvrant dans le milieu agricole et aussi à favoriser certaines recherches dans le domaine de la conservation des sols pour les provinces Maritimes, a également été créé récemment à Grand-Saut (Nouveau-Brunswick).

Conclusion

Aucune région du Canada n'est à l'abri de la dégradation des sols, avec les baisses de rendement et les pertes financières qu'elle provoque, sans sous-estimer non plus la déperdition des ressources sols non renouvelables à court terme. Les montants estimés des pertes ainsi que les surfaces touchées par différentes formes de dégradation sont importants, surtout lorsque l'on considère les superficies relativement restreintes présentant un bon potentiel agricole. Les causes et les formes de dégradation des sols sont relativement bien connues dans les Prairies et dans certaines parties de l'Ontario et du Québec, mais la collecte d'informations supplémentaires sur l'ampleur de la situation dans

d'autres régions semble nécessaire, comme dans les provinces Maritimes et les Basses-Terres du Saint-Laurent par exemple [8].

A l'époque où la politique du secteur public canadien s'oriente vers une accélération de la croissance économique, vers une politique de libre-échange sur le marché nord-américain et vers un développement régional accru, il est souhaitable d'accroître les efforts consacrés à atténuer des pertes qui pourraient être évitées dans une large mesure, tout en maintenant les emplois et les avantages économiques liés à une agriculture viable. Il n'y a plus de terres disponibles à défricher, excepté la partie ouest des Prairies avec ses sols de type *tchernoziom* qui peuvent, *a priori*, être cultivés sans fertilisants pendant plusieurs décennies. Pour accroître, voire maintenir le taux de production agricole, il est essentiel de préserver la fertilité du sol arable. La dégradation qui affecte le sol de vastes zones de terres cultivables au Canada menace la viabilité de l'agriculture à long terme. La libéralisation des marchés et la concurrence en provenance des États-Unis et des pays européens, qui bénéficient de conditions climatiques et édaphiques plus avantageuses et de superficies agricoles utiles plus importantes (*tableau 1*), placent le Canada dans une position concurrentielle précaire au niveau agricole. Les politiques de gel des terres (jachères) démarrées depuis quelques années déjà aux États-Unis et plus récemment dans les pays de la CEE, ainsi que les discussions sur le GATT, seront de nature à inciter le gouvernement canadien à prendre une position ferme en fonction de la place que devrait occuper l'agriculture à l'échelle mondiale.

Le gouvernement fédéral du Canada et les gouvernements provinciaux aident actuellement les producteurs à conserver et à protéger les ressources agricoles en consacrant annuellement environ 100 millions de dollars [8] à la conservation et à l'exploitation des sols et de l'eau. Ils ont mis sur pied au cours des années 80 divers programmes financés par le biais d'ententes fédérales-provinciales et certaines provinces ont lancé leurs propres programmes pour contrer certaines formes de dégradation des sols et lutter contre la pollution de l'eau. Plus récemment (en 1990), le Canada s'est donné pour but de conserver et de met-

tre en valeur les ressources naturelles exploitées ou modifiées par l'agro-alimentaire, tout en assurant l'intégration des facteurs écologiques, économiques et sociaux dans le cadre du Plan vert pour un environnement sain [16]. La question reste cependant entière quant à savoir si les mesures prises seront suffisantes pour développer une agriculture durable ■

Remerciements

Cet article de terrain a pu être réalisé après plusieurs missions au Canada de S. Wicherek qui, au cours de ses recherches, a pu rencontrer différents scientifiques et décideurs du milieu agricole. Ils sont remerciés vivement pour leur collaboration, tout particulièrement :

- le Conseil international des études canadiennes ;
- *Agriculture Canada*, Direction générale de la recherche, Ottawa : Drs D.R. Coote et J. Dumanski ;
- le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, service des Sols, Québec : Drs C. Bernard et M. Tabi ;
- Hydro-Québec, Montréal : Dr N. Chartrand ;
- *Agriculture Canada*, station de recherche de Lennoxville, Québec : Dr A.R. Pesant ;
- *Agriculture Canada*, station de recherche de Kamloops, Colombie-Britannique ;
- l'université Edmonton, service des archives et bibliothèque ;
- l'Université Mc Gill, collègue Macdonald, département Sols et Forêt : Dr G.R. Mehuys ;
- l'université de Sherbrooke, Cartel : Dr F. Bonn ;
- l'École polytechnique, Montréal, département de Génie Civil : Dr C.E. Delisle ;
- M.O. Boissier (URA 1514 CNRS) qui a participé à la recherche documentaire.

Références

1. Wicherek S, ed. Paysages agraires, couverts végétaux et processus d'érosion en milieu tempéré de plaine de l'Europe de l'Ouest. *Soil technology, Catena* 1990 ; 3 : 199-208.
2. Wicherek S, ed. *Farm land erosion in temperate plains environments*. Symposium international, 25-29 mai 1992. Paris, Amsterdam : Elsevier Science Publishers, Agricultural Sciences Section, 1993 ; 598 p.
3. Arnould P, Veyret Y, Wicherek S. Influence des modifications des structures agraires sur l'érosion des sols. *BAGF* 1992 ; 2 : 184 p.
4. Veyret Y, Wicherek S, Arnould P. Terres de grandes cultures : l'érosion des sols ; exemples pris dans le Bassin Parisien. Collection dirigée par J.C. Miskovsky, Univ Paris VI, Dept géodynamique des milieux continentaux et avec le concours du Centre de Recherches Archéologiques du CNRS. *Géopré* 1991 ; 27 p.
5. Comité sénatorial canadien sur l'agriculture. *Nos sols dégradés ; le Canada compromet son avenir*. Gouvernement du Canada, 1984 ; 145 p.

6. *Les terres agricoles et les ressources hydrauliques au Canada — Situation et perspectives*. Direction générale du développement régional 85. Perspectives out Look-Canada, 1985 ; 20 p.

7. Statistics Canada 1987. Ottawa : Census of Agriculture Statistics, 1987 ; 142 p.

8. Quarrie JM, ed. *La dégradation du sol au Canada : un mal en progression*. Conseil de Sciences du Canada, 1988.

9. Coote DR. Dégradation des terres agricoles par suite d'une utilisation intensive. In : V. Simpson-Lewis, R. Mc Kechnie, V. Neimunis, eds. *Les terres : stress et impacts*. Direction générale des terres, Environnement Canada. Ottawa ; 1983 : 247-74.

10. Coote DR, Dumanski J, Ramsey JF. Une évaluation de la dégradation des terres agricoles au Canada. IRT, article n° 118, Direction Générale de la Recherche Agriculture Canada ; 1984 ; 105 p.

11. Mathur SP, Wang C. Qualité des sols dans le contexte canadien, 1988. Documents d'examen. *Bull Techn* 1991 ; 73 p.

12. Commission of conservation. *First Annual Report of the Conservation, Canada*, held in Ottawa. Montréal : John Lovell and Son Ltd, 1910 ; 266 p.

13. Dumanski J, Coote DR, Luciuk G, et al. Soil conservation in Canada. *J of Soil and Water Conserv USA* 1986 ; 41 : 204-10.

14. Cent Moissons. Direction Générale de la Recherche, Agriculture Canada, 1886-1986, Ottawa, 1986 ; série historique n° 27.

15. *Managing Saskatchewan Rangeland*. Saskatchewan Agriculture Development Fund, 1990 ; 69 p.

16. Laverdière MR. *La dégradation des sols agricoles du Québec : formes, causes et effets*. Compte rendu de la journée de réflexion de l'Union des producteurs agricoles sur la dégradation des sols, 1988 : 29-72.

17. Tabi M, Tardif L, Laflamme G, et al. *Inventaire des problèmes de dégradation des sols agricoles du Québec*. Rapport de synthèse, ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 1990 ; 71 p.

18. Wicherek S. Impact of splash and eolian transport on erosion ; case study : North of Parisian basin, France. *Earth Surface Processes and Landforms* 1989 ; 14 : 461-7.

19. Wicherek S. Les relations entre le couvert végétal et l'érosion en climat tempéré de plaines. Exemple : Cessières (Aisne-France). *Zeitschrift für Geomorphologie* 1988 ; 32 : 339-50.

20. Prairie soils : the case of conservation, Canada. *Agriculture Canada*, 1988.

21. Harapiak JP. *Land degradation-conservation tillage*. CSSS-88 Organising Committee, Calgary, Alberta ; 1988.

22. Dumanski J, Kirkwood V. Crop production risks in the Canadian Prairie region in relation to climate and land resources. *Agriculture Canada* ; 1988 ; 5 : 144 p.

23. *Structural Erosion Control Measures on Agricultural Lands*. Alternatives and Maintenance, Upper Thames river conservation Authority, Ontario, 1990 ; 20 p.

24. Mehuys G. L'érosion par l'eau, MAPAQ. *Sols Agdex* 1981 ; 52 p.

25. *Cropland Conservation from planning*. Ontario : minister of Agriculture and Food, 1990.

26. *Save the Soil*. Saskatchewan Agriculture Report, 1990 ; 3 p.

27. Progress in Research. *Agriculture Canada* 1989 ; 11 : 28 p.

28. Rennie DA. *Soil and Water Issues and Options in Canada*. Conférence sur les perspectives de l'agriculture canadienne, Ottawa, 9-10 décembre 1985.

29. Le Plan vert du Canada pour un environnement sain, ministère des Approvisionnement et Services du Canada, 1990.

30. Compte rendu des consultations sur le Plan vert avant 1990, ministère des Approvisionnement et Services du Canada, 1990.

31. Qualité des sols dans le contexte canadien, 1988, documents d'examen, *Agriculture Canada* 1991 ; 1F : 73 p.

32. Cartes des risques d'érosion éolienne, hydrique, de salinité des sols (Alberta, Manitoba, Ontario). Echelle 1/1 000 000. Ottawa : *Agriculture Canada* 1987-1988.

Résumé

La dégradation des terres agricoles en milieu tempéré de plaines et de collines, notamment en Europe de l'Ouest, pose de plus en plus de problèmes. Ce phénomène est également bien connu depuis plusieurs décennies sur le continent nord-américain, mais est relativement peu décrit dans les ouvrages scientifiques européens.

Ceci a conduit les auteurs à se pencher sur la problématique de la dégradation des sols au Canada. Dans cet article, ils développent en particulier, les problèmes liés à l'érosion éolienne et hydrique, à la perte de structure et au compactage, ainsi qu'à l'acidification et à la salinisation, qui constituent des types de dégradation dominants dans diverses régions de ce pays, en s'appuyant sur des cartes thématiques adaptées à cet effet. Le phénomène est décrit dans son contexte historique en hiérarchisant les paramètres intervenant dans ces processus de détérioration et en évaluant l'importance de leur coût dans l'économie agricole (environ 1,3 milliard de dollars canadiens par an).

Par cette réflexion, les auteurs souhaitent sensibiliser davantage les scientifiques et les décideurs à l'importance des problèmes reliés au capital sol en tant que ressource en voie de dégradation. Ces problèmes sont universels et des actions importantes devront être entreprises, en particulier dans les pays présentant de faibles superficies de sols à potentiel agricole élevé, dans un contexte d'ouverture des marchés à l'échelle mondiale. Cependant, les modèles d'utilisation écologique des sols restent à établir.

LA FDA CHOISIT DE NE PAS ÉTIQUETER LES PRODUITS RÉSULTANT DE L'UTILISATION DE LA BST

Par une majorité des deux tiers, la commission de la FDA (*food and drugs administration, États-Unis*) vient de décider de ne pas faire de mention spéciale sur les emballages des produits laitiers lorsqu'ils sont issus des vaches traitées par l'hormone de croissance bovine BST [1, 2]. Cette hormone est bien connue pour augmenter la production laitière d'environ 20 % sans présenter d'inconvénient apparent pour les animaux et pour les consommateurs et elle est donc capable d'augmenter très notablement la productivité d'un troupeau laitier. Les animaux traités par la BST sont sensiblement plus sujets aux mammites (15 % de plus que les animaux non traités) mais il est admis que cet accroissement n'est pas dû à la BST en tant que telle mais seulement au fait que les animaux, étant devenus hauts producteurs laitiers, sont plus sensibles aux infections mammaires. Il est également admis par la FDA que cet effet secondaire de l'hormone n'a pas d'incidence significative sur la santé publique (ceci ne permet évidemment pas d'exclure totalement que la BST ait des effets secondaires indésirables non encore mis en évidence ou minimisés par les industriels qui produisent l'hormone). Cette décision est importante dans la mesure où elle a valeur d'exemple. Elle s'appuie sur le bon sens dans toute sa simplicité puisqu'elle rejette l'idée perverse qu'un produit est suspect par principe dès lors qu'il est issu des biotechnologies. Si la consommation d'un produit comporte quelques risques, le consommateur a bien entendu le droit d'en être informé. C'est d'ailleurs le cas pour l'alcool, le tabac, les tranquillisants, etc. Une telle information doit évidemment se faire au cas par cas sur la base de données scientifiques et non sur celle de principes qui se veulent philosophiques ou moraux. Chacun comprend que la décision de la FDA annonce l'autorisation prochaine de l'utilisation de la BST. Plus généralement, elle reflète l'attitude de cet organisme vis-à-vis de l'ensemble des produits issus des biotechnolo-

gies. La qualité réelle des produits, et non leur origine, semble être le principe qui s'impose aux États-Unis. On ne peut que se réjouir de cette clarification. Si la consommation des produits ayant bénéficié de l'action d'une hormone recombinante aussi inoffensive que la BST (pour autant qu'on ait apprécié ce fait convenablement) avait été entravée ou rejetée par principe, on aurait pu craindre en effet que très peu, voire aucun autre produit issu des biotechnologies ne puisse un jour avoir un accès normal au marché.

Louis-Marie Houdebine

[1. Fox JL. FDA panel ponders labels for BST-derived foods. *Biotechnology* 1993 ; 11 : 656-7.]

[2. Fox JL. FDA reexamines biotech food policy. *Biotechnology* 1993 ; 11 : 656.]

SYMBIOSE ENDOPHYTIQUE PLANTE-CHAMPIGNON

La tradition populaire veut que les briconniers fassent d'excellents garde-chasse.

C'est ce qui se passe apparemment dans le cas du champignon *Colletotrichum magna* qui provoque l'anthracnose des cucurbitacées et attaque notamment la pastèque.

Un mutant non pathogène de ce parasite s'est révélé capable de coloniser la tige des plantes-hôtes, sans toutefois provoquer de symptômes. Les plantes envahies par le mutant se sont montrées résistantes vis-à-vis de l'inoculum de la forme pathogène de *C. magna*. Des croisements entre les deux souches fongiques ont montré que la mutation en cause concernait un seul locus. Les plantes contenant le mutant endophyte se sont avérées également protégées contre l'infection par un champignon totalement différent, à savoir la forme *niveum* de l'espèce *Fusarium oxysporum*.

Ce modèle propose une approche nouvelle de la protection des végétaux et ouvre la voie à quantité d'applications.

Jean Semal

[*Science* 1993 ; 260 : 75-8.]