

# LA STRUCTURE DU SOL

## Un élément clé de sa fertilité



Clubsconseils  
EN AGROENVIRONNEMENT  
Club du CDA

Privez un animal de nourriture il vit quelques semaines, privez-le d'eau il vit quelques jours et privez-le d'oxygène, il vit quelques minutes. Pour les racines c'est pareil, leur premier besoin c'est l'oxygène, le deuxième l'eau et le troisième les éléments nutritifs. Travailler sur la structure du sol c'est travailler pour offrir aux racines les deux premiers éléments dont elles ont le plus besoin : l'oxygène et l'eau. Travailler sur la structure du sol, c'est offrir également aux micro-organismes un espace aéré pour en faire nos alliés.

La structure d'un sol a un impact direct sur sa productivité. Dans un sol bien structuré, l'activité biologique est favorisée, l'efficacité des engrais minéraux et organiques est accrue. Les racines peuvent explorer un vaste espace et s'offrir ainsi une surface de contact plus grande avec le sol. La culture a alors accès à une réserve minérale et à une réserve en eau plus importante pour se nourrir. Dans un sol déstructuré, tout est inversé. Ceci peut conduire à des rendements moindres ou exiger une «surfertilisation» pour obtenir des résultats adéquats. L'ensemble du système de production est affecté, ce qui entraîne une perte d'efficacité économique et environnemen-



tales. Bien qu'en théorie, ces aspects soient bien identifiés dans la littérature scientifique, ils sont souvent négligés lors de l'évaluation sur le terrain. En fait, aucune analyse de sol courante ne considère l'aspect physique du sol et peu d'agriculteurs s'y attendent, sauf peut-être dans des situations critiques de compactage.

Plusieurs facteurs agissent et interagissent dans le processus de structuration du sol. La première étape consiste donc à bien évaluer la situation pour pouvoir ensuite intervenir sur les bons facteurs. Ensuite, plusieurs actions peuvent être

enclenchées pour corriger un problème ou maintenir une bonne structure: drainage, chaulage, travail mécanique, apport constant de matière organique jeune (facilement dégradable), maintien ou amélioration du taux d'humus, etc.

L'objectif de cette brochure est de fournir quelques bases nécessaires à l'évaluation de la structure d'un sol et de présenter les différentes actions possibles pour corriger un problème et maintenir une structure adéquate.



Les racines,  
l'agent structurant  
par excellence

### Qu'est-ce que la structure d'un sol?

C'est la manière dont les particules de sol s'agencent les unes aux autres pour former des petites mottes. Ces agrégats s'assemblent à différentes échelles comme les pièces d'une construction et finissent par présenter une organisation structurale visible à l'œil nu.

La structure d'un sol se construit à partir de différentes composantes que l'on peut diviser en trois groupes :

**LES « MATÉRIAUX »**  
- Argile  
- Sable  
- Limon  
- Humus

**LES « CIMENTS »**  
- Mucilage  
- Polysaccharides  
- Calcium, fer, aluminium

**LES « ARTISANS »**  
L'activité biologique du sol  
- Racines  
- Hyphes des champignons  
- Micro et macro-organismes

Les éléments climatiques (pluie, vent, gel, dégel, sécheresse), les travaux du sol et la production agricole intensive influencent constamment la structure du sol. Le producteur agricole se doit donc d'en assurer l'entretien par des interventions adéquates. S'il est difficile d'intervenir sur les «matériaux» (hormis sur le taux d'humus dans le sol), il est relativement facile de favoriser la présence des « ciments » et de stimuler le travail des « artisans ».

Dans des conditions optimales, un sol cultivé présente une structure aérée sur l'ensemble de son profil, à la fois en surface ( $\pm 30$  cm) mais aussi en profondeur (inférieure à 30 cm).



# UNE BONNE ÉVALUATION sur le terrain permet de BIEN LOCALISER UN PRO

## Bien évaluer la situation

Plusieurs indices peuvent signaler qu'un sol présente un problème de structure :

- Un champ ou des zones de champs avec des rendements systématiquement moins élevés.
- Un champ ou des zones de champs qui présentent des problèmes d'égouttement.
- Une augmentation constante de la puissance du tracteur pour labourer à l'automne.
- Des plantes qui montrent invariablement des signes d'anoxie (manque d'oxygène) au même endroit dans le champ.
- Un besoin élevé en fertilisants pour obtenir un rendement moyen.
- La présence systématique d'une croûte à la surface du sol, etc.



Zones de cultures souffrant d'anoxie, un problème de structure du sol.

Un problème de mauvaise structure peut-être observé en surface du sol. Les phénomènes de « croûtage » ou de « battance » sont, en ce sens, de bons exemples. On rencontre aussi, assez fréquemment, des problèmes de structure plus en profondeur : semelle de labour, couche indurée plus profonde. Les deux types de problème peuvent se retrouver en même temps dans un même champ. Afin d'apporter les correctifs appropriés, il convient d'effectuer un bon diagnostic.

Le premier outil pour bien évaluer la situation est l'œil, le deuxième, la pelle. Des analyses de laboratoire permettent de compléter ces observations et surtout de mieux orienter les actions à entreprendre.

## Des observations en profondeur

### Creuser et analyser un profil de sol

Si, dans un de vos champs, vous avez observé les indices mentionnés précédemment, il s'agit de creuser quelques profils afin d'évaluer l'état de la structure du sol et de repérer éventuellement des zones problèmes.

- **Creuser une tranchée d'environ 1 mètre de profondeur.**  
Préférentiellement avec une petite pelle, cela permet de détecter si le sol est dur, s'il se détache en grosses mottes ou s'il est grumeleux.
- **Observer la forme des agrégats.**
- **Observer la couleur des horizons. La couleur parle :**
  - Noire : présence de matière organique
  - Rouille : fer oxydé (l'air atteint cette zone)
  - Bleu : fer réduit (la zone est mal aérée voire immergée pendant de longues périodes)
- **Sentir le sol.**  
Une odeur de putréfaction (œufs pourris) indique un phénomène de décomposition en anaérobie (absence d'oxygène).
- **Détecter les zones indurées, leur emplacement et leur importance.**  
À l'aide d'un couteau, piquer le profil de haut en bas, à quelques reprises. Identifier s'il y a présence de zones où le sol est tassé, plus difficile à pénétrer avec le couteau. Prendre garde aux changements de texture qui pourraient vous induire en erreur.
- **Observer le système racinaire.**  
La profondeur, la forme, l'orientation des racines.  
Noter si l'enracinement est limité à la surface du sol ou bien distribué dans tout le profil.
- **Mesurer l'épaisseur des horizons.**
- **Observer la répartition et l'état de décomposition de la matière organique.**  
Des vieux résidus de la culture précédente retrouvés en profondeur.  
Matière organique descendue dans le profil.
- **Évaluer le comportement de l'eau.**  
Suintement.  
Distribution de l'humidité le long du profil : par exemple, humide au dessus, sec en dessous, ou l'inverse.



L'étude du profil : pour évaluer le sol en surface et en profondeur.

## Analyses des échantillons en laboratoire

Les analyses suivantes peuvent permettre d'améliorer le diagnostic :

- Texture (pourcentage d'argile, de limon et de sable)
- Porosité, humidité
- État calcique (pour établir le besoin en chaux)
- Capacité de fixation
- Stabilité structurale

Pour mieux comprendre un problème rencontré dans une parcelle, il est avantageux d'effectuer au moins deux profils de sol. Un là où les indices sont observables, l'autre à proximité où il ne semble pas y avoir de problèmes. Assurez-vous de creuser les profils dans un même type de sol. Cette méthode facilite grandement l'interprétation des informations cumulées.

# ME, d'en ÉVALUER L'IMPORTANCE et de planifier les CORRECTIFS appropriés.

## EXPÉRIENCE TERRAIN N° 1 :

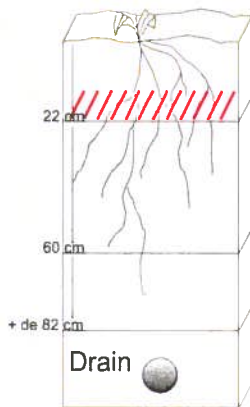
### L'importance d'une bonne évaluation

Mon voisin vient de passer la sous-soleuse sur l'ensemble de sa terre. Dois-je en faire autant ?

L'exemple suivant illustre l'importance de bien évaluer une situation avant d'apporter un correctif. Il s'agit de deux entreprises maraîchères et de grandes cultures, situées dans la même paroisse. Les sols sont de même texture mais avec des problèmes différents.

#### Première entreprise : un problème localisé près de la surface

Cette entreprise subit une baisse de rendements régulière depuis quelques années. Les cultures répondent mal aux apports de fertilisants organiques et minéraux.



#### **Horizon A**

Moitié inférieure noirâtre plutôt que brune. Argile sablo-limoneuse, affaissée. Perte de structure sur la moitié inférieure de l'horizon. Sol dur et massif.

#### **Horizon B**

Brun marbré de rouille. Argile sablo-limoneuse. Belle structure à tendance grumeleuse, souple, beaucoup plus facile à creuser que l'horizon A. Racines surtout dans la moitié supérieure.

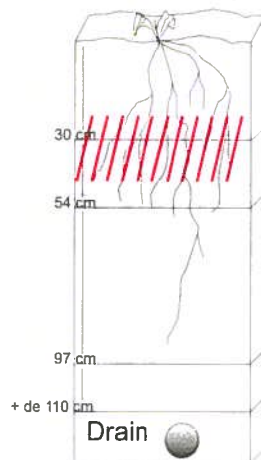
#### **Horizon C**

Gris. Argile sablo-limoneuse. Structure à tendance grumeleuse, souple. Racines rares.

Autres analyses de laboratoire : Porosité très faible dans l'horizon A.  
Capacité de fixation faible.  
État calcique déficient.

#### Deuxième entreprise : un problème localisé en profondeur

Sur une partie des terres de cette entreprise, les racines se développent moins profondément que dans d'autres parcelles comparables, ce qui peut limiter l'efficacité potentielle de ces champs.



#### **Horizon A**

Brun foncé uniforme sur tout l'horizon. Argile sablo-limoneuse. Perte de structure à la base de l'horizon A, devient plutôt massif et se brise en bloc plutôt que de se défaire en grumeaux.

#### **Horizon AB**

Gris largement marbré de rouille. Argile sablo-limoneuse. Horizon peu structuré, lourd et massif. Devient moins massif et à tendance grumeleuse vers la base.

#### **Horizon B**

Gris. Sable. Friable. Structure particulière propre au sable. Racines rares.

#### **Horizon C**

Bleu. Argile. Pâteuse, lisse. L'eau suinte à près de 100 cm

Autres analyses de laboratoire : Porosité très faible dans l'horizon AB  
Capacité de fixation faible  
État calcique déficient

L'étude de ces deux profils ci-dessus illustre la variabilité possible des situations d'un champ à l'autre, d'une ferme à l'autre. En pratique chacune des situations requiert des interventions adaptées.

Correction recommandée sur la première entreprise :

- Chisel profond à près de 30 cm de profondeur
- Chaux : 900 kg/ha/année
- Semis d'engrais vert de graminées (avoine, seigle)

Correction recommandée sur la deuxième entreprise :

- Sous-soleage à près de 60 cm de profondeur
- Chaux : 500 kg/ha/année
- Semis d'engrais vert de graminée (avoine, seigle)

Des interventions mal ciblées peuvent mener à des dépenses de temps et d'argent inutiles.

La correction du problème pourrait être partielle et les résultats de l'intervention décevants.



## EXPÉRIENCE TERRAIN N° 2 :

### Du diagnostic à la correction

Comment corriger un problème de compaction ? Est-ce que le sous-solage est une pratique pertinente ? Utilisons l'exemple d'une entreprise agricole, en grandes cultures, qui a vérifié la pertinence de différentes techniques pouvant améliorer la structure du sol, sur certaines parcelles problématiques.

#### Un problème bien diagnostiqué

L'évaluation de l'ensemble des champs cultivés par cette entreprise a révélé la présence de plusieurs types de sols très différents les uns des autres tant en surface qu'en profondeur. Le croquis 1, illustre sommairement la situation particulière d'un type de sol couvrant près de 100 hectares sur l'entreprise.

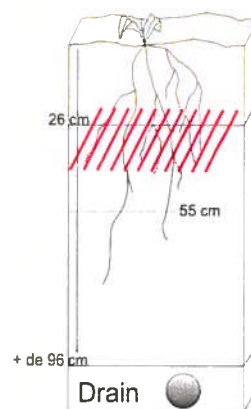
L'observation de plusieurs profils a permis d'identifier une zone mal structurée se situant de la base de l'horizon A jusqu'à près de 30-35 centimètres dans l'horizon B. Dans cette zone, le sol est plutôt compact, affaissé, présente une structure angulaire et se défait en blocs plutôt qu'en grumeaux. Au sondage à la tige-sonde et au creusage à la pelle, cette zone offre une nette résistance. Plus profondément, la terre de l'horizon B devient grumeleuse, souple et facile à creuser. L'impact sur les rendements est variable selon le site. Sur certains sites, suite à de bonnes précipitations, il y a accumulation d'eau alors qu'à d'autres non. Au laboratoire les analyses montrent des porosités plutôt faibles et un état calcique déficient. La majorité des racines semble limiter leur développement aux alentours de 55 centimètres de profondeur.

#### Une intervention réfléchie

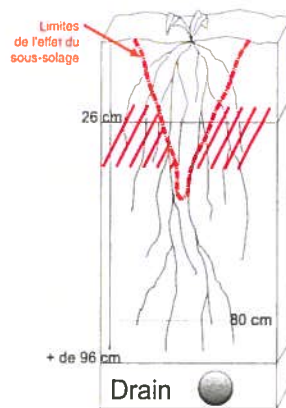
Un sous-solage a été effectué en août, à près de 60 cm de profondeur, après la récolte de blé. Le sol était alors bien sec. Puis tout de suite après, de l'avoine a été semée comme engrais vert. Cette graminée, grâce à ses racines fasciculées a rapidement colonisé les fentes laissées par le passage de la sous-soleuse. L'agriculteur a appliqué également une dose de 800 à 900 kg/ha de chaux agricole.

#### Des résultats remarquables

Le sous-solage et l'intensification de l'enracinement par l'utilisation de l'avoine en engrais vert ont largement amélioré la situation générale. L'effet de chacune des pattes de sous-soleuse s'est étendu sur près de 30 centimètres de largeur au niveau de la zone problématique. Le croquis 2 illustre les limites de l'effet du passage d'une patte de sous-soleuse. Les racines d'avoine cultivée en engrais vert en dérobé, l'été du sous-solage ont abondamment exploré les zones de passage des pattes. Les racines de l'orge cultivée l'année suivante ont également emprunté ces passages pour descendre en profondeur dans l'horizon B. Dans la zone bien travaillée par la patte de sous-soleuse, le sol a développé une structure grumeleuse, dès la première année.



CROQUIS 1



CROQUIS 2

#### MISE EN GARDE

Sur certains sites d'expérimentation, le sous solage a entraîné une descente de matière organique de l'horizon A vers l'horizon B ce qui n'est pas souhaitable. Sur d'autres sites, le sous-solage a créé de larges poches de rétention d'eau. Ceci a limité l'accès au champ et causé de sérieux problèmes aux cultures.

Le sous-solage est donc une solution de correction ponctuelle plutôt qu'une pratique à généraliser et à répéter régulièrement. Il doit nécessairement être accompagné de toutes les autres mesures d'entretien, afin d'offrir un impact positif de longue durée sur la structure du sol.



Descente de matière organique suite au sous-solage.



# CORRIGER un problème s'il y a lieu et ENTRETENIR une bonne structure

## Une intervention à plusieurs niveaux : mécanique peut-être mais d'abord chimique et biologique

Rappelons-nous les composantes qui forment la structure (« matériaux », « ciments », « artisans »). Il semble difficile voire pratiquement impossible de modifier la texture d'un sol. Il est possible, au besoin, d'améliorer le niveau d'humus dans un champ. Une action trop brutale dans ce sens peut toutefois être néfaste. Elle doit donc se planifier à long terme et il est important d'en vérifier d'abord la pertinence. D'autre part, le producteur agricole peut intervenir sur le processus de structuration du sol, par le chaulage, en intensifiant l'enracinement et l'activité biologique ainsi que par le travail mécanique, lorsque nécessaire.

### Le chaulage

Avez-vous une stratégie de chaulage sur votre entreprise ? La chaux joue deux rôles importants pour l'obtention d'une bonne structure du sol :

- Le calcium sert de lien entre les composantes du sol (argile, humus) pour former des agrégats plus ou moins stables.
- La chaux permet de neutraliser l'acidité produite par les micro-organismes et d'offrir par le fait même un environnement favorable à l'activité biologique et aux racines.

Il est donc fondamental de bien évaluer les besoins en chaux des divers types de sol de son entreprise et de mettre en place une régie de chaulage adaptée.

### L'intervention mécanique

Le travail mécanique est parfois considéré à lui seul comme un facteur destructurant du sol, particulièrement lorsqu'il est effectué dans de mauvaises conditions. Toutefois, s'il est accompagné des pratiques de régie mentionnées précédemment, cet impact négatif peut être limité.

Dans des champs difficiles, où la structure du sol est très mauvaise, un travail mécanique peut devenir indispensable pour briser les zones indurées et fournir l'aération nécessaire pour enclencher le processus de structuration. L'outil à privilégier dépendra de la profondeur à laquelle il faut intervenir et de l'action recherchée. Si le problème se situe en profondeur, la sous-soleuse peut être un bon outil si elle est utilisée avec toutes les précautions qui s'imposent.



La culture d'engrais vert, une façon d'intensifier l'enracinement.

### La stimulation de l'activité biologique

Quelle est ma capacité d'influencer l'activité biologique du sol ?

La présence d'une activité biologique intense est incontournable pour l'obtention et le maintien d'une structure de sol adéquate. Certaines pratiques la favorisent, entre autres :

- Maintenir un sol aéré et drainé
- Maintenir des plantes en croissance
- Nourrir les organismes du sol (apport de matière organique jeune)
- Chauler adéquatement

### L'intensification de l'enracinement

Les racines ont un très fort pouvoir de structuration, elles agissent à plusieurs niveaux :

- Structuration en surface et profondur.
  - Production de mucilage.
  - Nourriture pour les micro et macro-organismes
- La diversification des cultures permet d'intégrer facilement des engrais verts dans la rotation soit en intercalaires ou en dérobés. Cette pratique s'avère un moyen efficace d'entretenir une bonne structure des sols sur la ferme. D'une part elle apporte de la matière organique jeune, favorable à l'activité biologique. D'autre part, elle maintient une forte présence de racines dans le profil de sol. Finalement, le couvert végétal obtenu par la culture d'engrais vert protège le sol à l'automne.



Le sous-solage, une intervention parfois nécessaire, qui devrait être accompagnée d'un semis d'engrais verts.

#### Travailler à la bonne profondeur

Une évaluation sur le terrain permet, avant toutes interventions, de déterminer la profondeur de la zone problème. Le sous-solage doit s'effectuer environ 10 cm en dessous de cette zone.

#### Travailler dans de bonnes conditions

Pour bien fissurer le sol, la sous-soleuse doit être passée en conditions sèches. Prenez une pelle et allez vérifier l'humidité du sol à la profondeur où passera la patte de sous-soleuse. Le sol doit être sec, si ce n'est pas le cas, revenez plus tard.

#### Faire un test sur une partie de champ

Si vous n'êtes pas sûr que sous-soler est la bonne pratique sur votre champ, faites un test sur une parcelle avant de travailler l'ensemble du champ.

Toutes les pratiques mentionnées précédemment sont inter-reliées. Il faut donc bien évaluer la situation et établir les priorités d'intervention. Il s'agit d'intervenir dans le système en corrigeant son point faible pour enclencher et ensuite nourrir continuellement le processus de structuration d'un sol.

# STRUCTURE DU SOL ET SYSTÈME DE PRODUCTION

Dans l'optique de diminuer la pollution de l'eau causée par la « surfertilisation » des terres agricoles, plusieurs agriculteurs diminuent actuellement les doses de fertilisants. Pour réussir sans nuire à la rentabilité de son entreprise, il faut le faire sans diminuer les rendements. Dans de bonnes conditions, on peut y arriver et ainsi obtenir des gains environnementaux et économiques appréciables. Mais dans de mauvaises conditions, la baisse de rendement qui peut survenir aura pour effet d'annuler les gains économiques générés par la réduction des intrants.

Depuis déjà quelques années, sans attendre les nouvelles réglementations, plusieurs agriculteurs ont entrepris de réduire sérieusement leur fertilisation. La plupart réussissent avec succès, certains avec plus de difficultés. Le suivi de ces dernières entreprises a permis d'identifier plusieurs facteurs qui compliquent cet exercice. De ceux-ci, les déficiences de structure des sols sont parmi les plus importantes.

Dans les années passées, en favorisant une stratégie de fertilisation qui saturait la solution du sol en éléments fertilisants, on a réussi à « cacher » le problème. Ce qui permettait à la plante d'avoir des performances honorables malgré ce handicap et à l'agriculteur de ne pas s'en préoccuper. Des recherches ont d'ailleurs permis de démontrer que, dans un sol dont la solution est saturée par des engrais solubles,



*Dans de bonnes conditions, les racines de la plupart des plantes cultivées peuvent descendre jusqu'aux drains.*

une plante cultivée peut croître avec environ 30% de son système racinaire et fournir des rendements adéquats. (Callot et coll. 1982). Toutefois, les normes actuelles en matière de protection de l'environnement imposent à la majorité des agriculteurs de diminuer la « surfertilisation » des cultures. Il faut donc dorénavant accorder une attention particulière aux conditions propices à la fertilité des sols.

Dans de bonnes conditions, le système racinaire de la plupart des plantes cultivées a le potentiel de descendre jusqu'aux drains et d'explorer ainsi un grand volume de sol. Le suivi de plusieurs entreprises tend à démontrer que l'amélioration de la structure du sol peut apporter des gains importants : augmentation de la croissance racinaire, meilleure absorption des éléments nutritifs, meilleure rétention en eau, circulation de l'eau accrue et sur certaines parcelles d'essais augmentation du rendement. Ainsi, pourquoi ne pas tenter de résoudre le problème à la source en travaillant sur tous les éléments qui améliorent la structure du sol et offrir ainsi aux plantes un milieu de croissance plus adéquat.

Une solution plus permanente et moins coûteuse. Une stratégie qui, à plus ou moins long terme, redonne aux sols leur aptitude à produire pleinement sans « surfertilisation ». Une démarche qui s'inscrit parfaitement dans le cadre d'un développement durable de l'agriculture.

Cette brochure a été réalisée dans le cadre du projet « Augmentation de l'efficacité des systèmes de culture par l'amélioration de l'état de la structure des sols agricoles » conduit par le Centre de développement d'agrobiologie et le Club agro environnemental du CDA, en collaboration avec le laboratoire Terra Cognita.

## Bibliographie

- Barthelemy, P., Boisgontier, D et Lajoux P., 1992, Choisir les outils de travail du sol, ITCF, 200 p.  
Callot, C., Chamayou H., Maertens C. et Salsac L., 1982, Les interactions sol racine, INRA, Paris, p209 à 302.  
Caron J. 1994. Physique et hydrodynamique des sols. Notes de cours. 110 p.  
Centre de développement d'agrobiologie. Douville Y et Jobin P. 1996. Engrais verts et cultures intercalaires. Entente auxiliaire Canada-Québec pour un environnement durable en agriculture. 20 p.  
Petit, J., Breune, I et Forest, L. 1997, Structure des sols et rendements, Bulletin technique des membres du centre de développement d'agrobiologie, numéro 12, p. 5 à 8.  
Soltner, D. 1987, Les bases de la production végétale, tome 1, coll. Sciences et techniques agricoles, 464 p.

## Textes et photos :

Isabelle Breune, Louis Forest, Pierre Jobin et Jacques Petit

## Collaboration

Ont également collaboré à la rédaction de cette brochure et/ou au travail terrain :

Myriam Gagnon  
Serge Grenier  
Joanne Leclair  
Éric Léger  
Simon Audette, Ferme Monlou

Jean Pierre Baril, Ferme Baril & Frères Inc.  
Michel Daigle, Ferme Michel Daigle  
Pierre Yves Germain, Ferme Biocénose  
Louis Joyal, Ferme Genlouis Inc.  
Daniel Lampron, Ferme Y. Lampron & Fils Inc.

Robert Lecours, Ferme Blé d'Orge Ltée  
Marcel Mailhot, Productions maraichères Mailhot Inc.  
Jean Morin, Ferme Louis d'Or  
André Ricard, Ferme Ricard & Ass. SENC  
Lucie Rioux, Ferme Nikodale

## Contribution financière :

Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec  
Centre de développement d'agrobiologie  
Club agro-environnemental du CDA  
Agriculteurs participants



CONSEIL  
POUR LE DÉVELOPPEMENT  
DE L'AGRICULTURE DU QUÉBEC



Canada

## Conception et impression :

Imprimerie Vic Inc. (819) 752-6591

ISBN 2-9802258-8-6

Dépôt légal-Bibliothèque nationale du Québec, 2000