

Utilisation rationnelle de l'engrais azoté dans la culture de la pomme de terre par des applications fractionnées de l'azote

FICHE TECHNIQUE – PUBLICATION VU 037

AGDEX 161/542

2000

NOTE : La plupart des informations contenues dans cette fiche sont issues d'un projet du programme d'aide à l'innovation technologique de l'entente auxiliaire Canada-Québec pour un environnement durable en agriculture.

CONTEXTE

La fertilisation azotée est une pratique agricole importante dans la production de la pomme de terre, car elle permet une augmentation des rendements des tubercules. Selon les grilles de référence en fertilisation (CPVQ, 1996), les doses d'azote (N) recommandées pour la pomme de terre varient de 135 à 175 kg/ha pour les sols sableux et de 125 à 175 kg/ha en sols loameux, suivant les cultivars utilisés.

Même s'il est généralement admis que l'engrais azoté est bien utilisé par la pomme de terre, il faut se rappeler que les sols cultivés en pomme de terre sont surtout de texture sableuse et retiennent moins efficacement l'engrais azoté. Leur coefficient d'utilisation de ce type d'engrais varie de 51 à 69 % (Tran et Giroux, 1991). L'impact environnemental qui s'ensuit est attribuable à la part d'engrais azoté non prélevée par la plante qui, par suite du lessivage et du ruissellement, finit par gagner la nappe phréatique et les eaux souterraines.

Pour diminuer ce risque environnemental sans négliger les besoins de la pomme de terre, la fertilisation azotée aurait avantage à tenir compte : 1) de la fertilité initiale du sol en azote exprimée par sa teneur en nitrates, 2) des besoins réels du cultivar et 3) du niveau d'utilisation de l'azote par le plant de pomme de terre, c'est-à-dire des besoins en azote du plant, suivant son stade phénologique. En ce sens, un bon dosage des nitrates du sol et des plants de pomme de terre apparaît essentiel.

La demande étant forte au printemps, les résultats d'analyses faites en laboratoire sont souvent longs à obtenir. Par conséquent, il n'est pas toujours facile d'apporter les corrections adéquates en tenant compte des opérations culturales et des besoins de la culture à un stade précis. Le *Cardy de Horiba* pourrait offrir une alternative intéressante aux tests de laboratoire. Il s'agit d'un petit appareil apparu récemment sur le marché. Le *Cardy*

de *Horiba* est muni d'une électrode spécifique à la détection des nitrates et semble avoir un bon potentiel pour le dosage rapide des nitrates du sol et de pétioles fraîchement cueillis.

Une fois les besoins de la culture connus, il importe de faire un choix judicieux de la méthode d'application des engrais requis. Pour la fertilisation azotée de la pomme de terre, le fractionnement en deux étapes est généralement utilisé. Un ajustement de la procédure pourrait améliorer la production, tant en quantité qu'en qualité.

BUT

Les deux projets décrits dans cette fiche avaient pour but : 1) d'évaluer la pertinence de recourir au kit de mesure appelé *Cardy de Horiba* pour doser rapidement les nitrates du sol et des plants de pomme de terre, et 2) de mesurer les effets du fractionnement de la fertilisation azotée sur le rendement, de même que sur la qualité culinaire des tubercules.

FAÇON DE FAIRE

Pour y arriver, des essais ont été réalisés en 1993 et 1994 dans la région 17, plus précisément à Notre-Dame de Pierreville, Notre-Dame du Bon Conseil et Sainte-Brigitte des Saouls, afin d'étalonner et de valider la méthode *Cardy* sous des conditions prévalant au Québec. D'autres essais, menés à Sainte-Eulalie en 1995 et à Saint-Léonard, Mont-Carmel (région 04) et Sainte-Eulalie en 1996, ont permis d'évaluer les effets d'applications fractionnées de l'azote sur la croissance et le développement des plants. Ces essais prenaient en compte 1) les besoins réels des cultivars, 2) le degré d'utilisation de l'azote et 3) le diagnostic foliaire.

Étalonnage de la méthode *Cardy* et validation de la technique de fractionnement de l'azote

Pour pouvoir valider les résultats chiffrés obtenus à l'aide du *Cardy de Horiba*, 25 champs ont été choisis. Chacun d'eux comportait des différences du point de vue de la texture, du climat, du cultivar et du plan de fertilisation. Vingt échantillons de sol ont été prélevés dans chacun de ces champs. Treize cultivars y ont aussi été échantillonnés en 1993 et 12, en 1994.

Parallèlement à ces essais, une parcelle de validation a été mise en place pour évaluer la technique de fractionnement de l'azote proposée. Quatre doses différentes d'azote y ont été utilisées à raison de quatre répétitions par traitement disposées en rangs doubles.

La parcelle a ensuite été divisée en deux sections :

- 1) conventionnelle, sans correctif et servant donc de témoin;
- 2) expérimentale, avec correctifs, d'après les résultats obtenus par le test *Cardy* avant le rechaussement (tableau 1).

Tableau 1 : Test des nitrates des sols par la méthode *Cardy* avant le buttage et dose corrective apportée (fertilisant 34-0-0)

Nitrates du sol N-NO ₃ (ppm)	0 – 5	5 – 10	10 – 15	15 – 20	20 et plus
Dose corrective N (kg/ha)	130	90	60	30	0

Pour pouvoir estimer les effets de l'utilisation de cette méthode, une évaluation du rendement en tubercules et des nitrates du sol a été réalisée pour chacun des traitements, à l'automne.

Fertilisation azotée

L'application de la dose d'azote s'est faite selon les cinq traitements décrits au tableau 2. Un traitement témoin (T), qui consistait en l'application d'une seule dose d'azote, a été réalisé à Sainte-Eulalie uniquement en 1995. En 1996, la dose d'azote a été fractionnée dans différentes proportions. Pour le traitement A, de 60 à 80 % de la dose a été appliquée à la plantation et le complément, au buttage, tel que pratiqué en régie conventionnelle. Pour les traitements B et C, la dose d'azote a été fractionnée en proportion de 25 à 40 % à la plantation et de 60 à 75 % au buttage. L'application de ces doses a été établie d'après les besoins totaux en azote pour le traitement B et d'après le diagnostic des nitrates du sol pour le traitement C. Le traitement D était presque identique au traitement C sauf qu'il comportait une application foliaire tenant compte d'une analyse foliaire.

Ainsi, les traitements C et D correspondaient à des doses rationnelles d'azote alors que le traitement A référait à une dose courante (régie conventionnelle) et constituait, par le fait même, le témoin des traitements pour les essais de 1996. Le traitement B utilisait, lui aussi, la dose courante d'azote mais suivant un fractionnement différent de celui pratiqué en régie conventionnelle.

Pour les sites C et D, une charte d'interprétation des analyses des nitrates du sol, conçue par Jacques Painchaud (MAPAQ, Direction régionale du Centre-du-Québec), a permis d'établir, par intrapolation, la dose d'azote totale à appliquer pour atteindre un rendement potentiel élevé (tableau 3).

Tableau 2 : Description des traitements

Traitement	Dose de N (kg/ha)	Fractionnement
A	160 à 180	60-80 % à la plantation, 20-40 % au buttage (régie conventionnelle)
B	160 à 180	25-40 % à la plantation, 60-75 % au buttage (en fonction des besoins totaux en azote du cultivar)
C	110 à 145	25-40 % à la plantation, 60-75 % au buttage (en fonction de la teneur en nitrates du sol)
D	125 à 155	25-40 % à la plantation, 60-70 % au buttage (en fonction de la teneur en nitrates du sol), 5-10 % à la pleine floraison (selon l'analyse foliaire)
T	160	100 % à la plantation (à un seul site, soit Sainte-Eulalie, en 1995)

Tableau 3 : Charte d'interprétation des analyses des nitrates du sol

NITRATES-SOL (ppm N-NO₃)	AZOTE TOTAL APPLIQUÉ (kg N/ha)	RENDEMENT POTENTIEL (%)
0	200	88,0
5	180	88,5
10	155	90,0
15	135	92,0
20	110	95,0
25	90	99,0

(Painchaud, J. 1995)

Pour le traitement D, l'analyse foliaire a été réalisée à l'aide du CND (Compositional Nutrient Diagnosis) (Parent et coll. 1994). Le CND est une méthode de diagnostic permettant d'évaluer l'équilibre existant entre plusieurs éléments nutritifs. Dans ce cas-ci, l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le calcium (Ca) et le manganèse (Mg) ont été ciblés.

Comme le démontre le tableau 4, les sols du site de Sainte-Eulalie (1995) étaient sursaturés en phosphore alors que ceux des sites de Saint-Léonard et de Mont-Carmel en étaient sous-saturés lors de l'année d'essai (1996). Le taux de saturation de phosphore est considéré élevé lorsqu'il dépasse 20 %. On le considère normal quand il se situe entre 5 et 20 %, et bas s'il est inférieur à 5 %. Ce taux se calcule grâce au rapport P/Al, les quantités de phosphore et d'aluminium étant exprimées en mg/kg. Comme l'aluminium possède un grand pouvoir

fixateur sur le phosphore du sol, plus il y a d'aluminium dans le sol, moins il y a de phosphore assimilable par la plante.

D'après les données portant sur la capacité d'échange cationique (CEC), il est clair que les sols de Mont-Carmel avaient une capacité beaucoup plus faible à retenir ou à échanger des bases que les autres sites, ce qui constitue une contrainte ou un facteur limitatif pour la nutrition minérale des plants et leur productivité. Le faible pourcentage de saturation en calcium des sols de Mont Carmel était en outre susceptible de rendre les tubercules plus vulnérables à la formation de cœurs creux.

Pour évaluer les modes de fractionnements mis à l'essai, plusieurs indicateurs de performance ont été retenus : la croissance et le développement des plants, la couleur du feuillage, de même que le rendement, le calibre et la qualité culinaire des tubercules.

Tableau 4 : Caractéristiques des sols des quatre sites d'essais

Analyse	Site et année			
	Sainte-Eulalie 1995	Sainte-Eulalie 1996	Saint-Léonard 1996	Mont-Carmel 1996
Cultivar	Hilite	Hilite	Shepody	Russet Burbank
pH-eau	5,7	6,6	6,2	5,4
pH-tampon	6,7	6,9	6,7	6,6
matière organique (%)	1,9	4,5	4,5	2,9
CEC (cmol/kg)	11,1	13,4	11,5	6,5
Al (mg/kg)	681	655	1976	1498
P (kg/ha) et % P/Al	353 (23,4 %) ¹	126 (8,7 %)	61 (1,4 %)	47 (1,4 %)
K (kg/ha) et K/CEC	148 (1,5 %)	62 (1,2 %)	96 (2,1 %)	63 (2,5 %)
Ca (kg/ha) et % Ca/CEC	1319 (26,3 %)	1945 (72,4 %)	1346 (58,9 %)	333 (26,4 %)
Mg (kg/ha) et % Mg/CEC	138 (4,6 %)	92 (5,7 %)	75 (5,5 %)	31 (4,1 %)

1. Les valeurs entre parenthèses représentent les pourcentages de saturation.

ASPECTS AGRONOMIQUES

Les résultats des analyses foliaires, pour l'ensemble des champs, démontrent une faible corrélation entre les résultats de la méthode d'analyse standard et ceux de la méthode *Cardy* (tableau 5). De plus, dans certains cas, des variations aberrantes d'une semaine à l'autre et pour un même champ ont été observées avec la méthode *Cardy*. En 1994, une amélioration de la corrélation a cependant été notée par suite notamment de la réduction du temps écoulé entre l'échantillonnage et l'analyse des tissus frais.

Tableau 5 : Corrélation entre la teneur en nitrates des analyses foliaires et celles des sols déterminées par la méthode standard et par la méthode *Cardy*

R ²	Année	Type d'analyse
0,27	1993	feuilles
0,52	1994	feuilles
0,68	1993	sols
0,56	1994	sols

Où R² = 1,0 correspond à une corrélation parfaite.

Le pouvoir de prédiction de la méthode *Cardy* a semblé meilleur pour les sols et moindre pour l'analyse foliaire. Ainsi, les analyses statistiques ont fait ressortir une bonne corrélation (R²) entre les deux méthodes pour les sables, et une corrélation moyenne pour les loams sableux (tableau 6). Cette corrélation était encore plus élevée lorsque les analyses étaient réalisées pour un même champ. Lorsque les sols à l'étude étaient des loams et des loams argileux, aucune corrélation n'est toutefois apparue entre les deux méthodes.

Selon les tests de validation, qui consistaient à comparer les valeurs obtenues avec la méthode *Cardy* à celles obtenues avec la méthode standard, la méthode *Cardy* a bel et bien été plus efficace pour estimer la teneur en nitrates des sols que celle des tissus foliaires. Son utilisation est même apparue fiable pour le suivi des nitrates du sol en sol homogène, son pouvoir de prédiction ayant alors été de 86 %.

Tableau 8 : Suivi au champ de l'état des cultures

Site et année	Observations
Sainte-Eulalie 1995	Pas de différence jusqu'à la floraison, puis feuillage plus pâle, période de floraison plus courte et plus faible hauteur des plants dans C et D. Sénescence semblable dans tous les traitements.
Sainte-Eulalie 1996	Pas de différence jusqu'à la floraison, sauf feuillage plus pâle dans C et D. Pas de différence pour les autres caractéristiques.
Saint-Léonard 1996	Pas de différence, sauf feuillage plus foncé dans A après la floraison.
Mont-Carmel 1996	Pas de différence, sauf feuillage plus foncé dans A après la floraison.

Tableau 6 : Relation entre les teneurs en nitrates des sols déterminées par la méthode standard et la méthode *Cardy*, selon la classe texturale des sols

R ²	Année	Classe texturale
0,867	1994	sol homogène
0,716	1993, 1994	sable
0,566	1993, 1994	loam sableux

Où R² = 1,0 correspond à une corrélation parfaite.

Dans la section expérimentale, la régie pratiquée d'après la méthode *Cardy* a permis d'obtenir des rendements supérieurs, lesquels augmentaient de façon linéaire, contrairement à la régie conventionnelle où un plafonnement a été observé (tableau 7).

Tableau 7 : Rendement total en tubercules (cv. Superior) pour les quatre traitements sous régies conventionnelle et expérimentale

Traitement N (kg/ha) (q/a) ¹	Régie conventionnelle	Régie expérimentale (q/a)
0	69	111
75	113	172
150	143	183
225	158	232

1. q/a signifie quintaux à l'acre. Son équivalent est de 112 kg/ha.

Les observations sur la croissance, le développement des plants et la couleur du feuillage sont résumées au tableau 8. Jusqu'à la floraison, aucune différence significative entre les traitements n'a été observée. Après ce stade, un feuillage plus pâle, qui n'a pas eu d'effets sur le rendement des tubercules, a été noté dans les traitements C et D du site de Sainte-Eulalie. À Saint-Léonard et à Mont-Carmel, le traitement A a eu un effet inverse sur le feuillage.

Tableau 9 : Rendement des tubercules

Site, année et cultivar	Traitement	Total		Vendable		Rejet
		(t/ha) ¹	(q/a)	(t/ha)	(q/a)	(q/a)
Sainte-Eulalie	T	43,68	390	40,09	358	32
1995	A	45,36	405	41,66	372	33
Hilite	B	45,70	408	44,46	397	11
	C	42,34	378	41,33	369	9
	D	40,09	358	38,19	341	17
Sainte-Eulalie	A	43,23	386	40,77	364	22
1996	B	40,54	362	36,74	328	34
Hilite	C	40,54	362	36,06	322	40
	D	48,72	435	44,91	401	54
Saint-Léonard	A	40,32	360	35,62	318	12
1996	B	39,98	357	35,06	313	44
Shepody	C	42,22	377	38,08	340	57
	D	48,50	433	42,45	379	54
Mont-Carmel	A	37,63	336	32,70	292	44
1996	B	44,58	398	36,40	325	65
Russet Burbank	C	39,76	355	36,06	322	43
	D	40,32	360	35,39	316	44

1. t/ha signifie tonne à l'hectare.

Les données sur le rendement des différents sites sont présentées au tableau 9. Aucune différence significative n'a été observée entre les traitements, malgré une réduction de la dose d'azote de 40 à 50 kg/ha dans le cadre des traitements C et D. En effet, les rendements vendables moyens ont atteint 337 q/a avec le traitement A, 341 q/a avec le B, 338 q/a avec le C et 359 q/a avec le D.

Selon l'analyse des pommes de terre produites sur le site de Sainte-Eulalie, les différents traitements n'ont également pas eu d'effets notables sur la qualité culinaire des tubercules destinés à la transformation en frites. Dans tous les cas, le poids spécifique des pommes de terre oscillait entre 1,080 et 1,083 et la couleur des frites était pâle (crème).

À la suite des analyses foliaires, différents indices ont été calculés (tableau 10) à l'aide de la méthode de diagnostic CND. L'indice "d" est un indice général de l'équilibre existant entre les différents éléments étudiés. Le meilleur stade pour l'utiliser est le début de la floraison. Un indice inférieur à 1,5 indique un très bon équilibre nutritif. Le déséquilibre est très accentué si "d" dépasse 2,5.

Les indices nutritifs pour chaque élément (ex. : I_N , I_P , I_K) comparent un élément par rapport aux autres (ex. : N par rapport à P, K, Ca, et Mg). Un élément est d'autant plus en carence relative que son indice est négatif. Inversement, il est d'autant plus en excès relatif que son indice est positif. Une valeur proche de 0 caractérise un bon équilibre nutritif relatif.

Tableau 10 : Indices nutritifs par traitement au stade du début de floraison

Traitement	d	I_N	I_P	I_K	I_{Ca}	I_{Mg}
A	1,7	0,25	-0,59	-0,78	0,91	0,62
B	1,3	-0,18	-0,85	0,13	0,82	0,28
C	1,3	-0,36	-0,81	-0,32	0,93	0,39
D	1,5	-0,32	-0,80	-0,66	1,03	0,52

Tableau 11 : Couleur du feuillage et contenu en azote des feuilles au stade de maturité

Site, année et cultivar	Traitement	Couleur	Contenu en N (%)
Sainte-Eulalie 1995 Hilite	A	normal	4,62
	B	normal	4,48
	C	plus pâle	4,47
	D	plus pâle	4,44
Sainte-Eulalie 1996 Hilite	A	normal	6,44
	B	normal	5,03
	C	plus pâle	4,63
	D	plus pâle	4,84
Saint-Léonard 1996 Shepody	A	plus foncé	5,41
	B	normal	5,60
	C	normal	5,93
	D	normal	5,02
Mont-Carmel 1996 Russet Burbank	A	plus foncé	4,90
	B	normal	5,56
	C	normal	5,91
	D	normal	5,66

Selon les résultats notés au tableau 10, il n'y avait pas de déséquilibre nutritif apparent, sauf dans le traitement A où s'est manifesté un faible antagonisme entre K et Mg.

Il est normal que l'indice de l'azote (N) soit plus élevé dans A puisque, pour ce traitement, 60 à 80 % de l'engrais a été appliqué à la plantation.

Le CND a confirmé que la fertilisation azotée était suffisante à la plantation pour que la plante atteigne sans difficulté le stade du début de la floraison. Pour le cultivar Russet Burbank, il y avait cependant une relation inverse entre la couleur du feuillage et le contenu en azote de la feuille après la floraison. Chez Shepody, il semble que le contenu en azote ait été suffisant pour prévenir une décoloration (tableau 11).

La maturité, chez la pomme de terre, survient à la fin du cycle physiologique de la plante. À ce stade, l'azote migre du feuillage vers les tubercules et il y a arrêt de croissance du feuillage (sénescence). Une teneur élevée en azote dans le feuillage, à ce stade, indique une maturité relativement tardive.

ASPECTS ÉCONOMIQUES

En tenant compte 1) de la quantité de nitrates dans le sol et 2) des besoins réels des cultivars de pommes de terre, la fertilisation azotée a pu être réduite de 25 %, soit de 40 à 50 kg de N/ha. Selon le prix moyen du nitrate d'ammoniaque (34-0-0) en 1997, cette réduction représente une économie d'au moins 18 à 23 \$/ha. Ce constat est d'autant plus intéressant que les revenus de vente ont pu être maintenus. En effet, malgré la réduction de la dose d'azote, les rendements et la qualité des pommes de terre sont restés tout à fait comparables à ceux obtenus par la régie conventionnelle.

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

Les pertes d'azote par lessivage et par ruissellement contribuent à la pollution des cours d'eau par les nitrates et l'ammonium. L'impact de ces pertes sur l'environnement est directement proportionnel aux quantités d'azote appliquées. Par conséquent, si les doses d'engrais à épandre tiennent compte de la teneur initiale du sol en nitrates et des besoins réels en azote de la pomme de terre au cours de la saison, les applications seront moindres et les risques pour l'environnement aussi, surtout dans le cas des sols à faible pouvoir tampon et à grande conductivité hydrique. En effet, ce type de sols est caractérisé par une faible capacité de rétention des éléments nutritifs. Tels sont les sols à texture sableuse, largement utilisés pour la culture de la pomme de terre.

CONCLUSIONS

L'utilisation du *Cardy de Horiba* pour l'analyse rapide des nitrates du sol apparaît prometteuse. En effet, sa rapidité d'exécution au champ représente une alternative intéressante aux analyses de routine en laboratoire.

La méthode *Cardy* permet d'améliorer le suivi de l'azote et les interventions en contribuant à l'élaboration du bilan azoté durant la saison de croissance des plants de pommes de terre.

La teneur en nitrate du sol s'est révélée être une indication de la fertilité en azote du sol. Les quantités totales d'azote déterminées à partir de la charte proposée par Jacques Painchaud ont été suffisantes pour assurer une croissance et un développement adéquats de la pomme de terre.

L'application fractionnée de l'azote permet de tenir compte du degré d'utilisation de l'azote par le cultivar en fonction de son stade phénologique. En ce sens, le fractionnement constitue une méthode rationnelle de gestion de l'azote très avantageuse tant sur le plan agricole qu'environnemental, car la fertilisation se fait au moment où les pommes de terre en ont le plus besoin, ce qui diminue les pertes dans le milieu.

L'analyse foliaire réalisée à l'aide de la méthode du CND a confirmé que la fertilisation fractionnée en azote était suffisante et que l'application des doses les plus importantes devait se faire aux stades de l'initiation et du grossissement des tubercules pour combler les besoins des plants en azote.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CONSEIL DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC INC. 1996. Grilles de référence en fertilisation. 2^e édition. AGDEX 540.

PAINCHAUD, J. 1997. La gestion de l'azote dans la pomme de terre. Dans : CPVQ, Colloque sur la pomme de terre. Cultiver la précision. p. 42-54. Vendredi 31 octobre 1997. Hôtel Plaza Québec, Sainte-Foy (Québec).

PAINCHAUD, J. 1995. La réduction du lessivage des nitrates dans la production de la pomme de terre par le fractionnement de l'engrais azoté. Dans : CPVQ, Colloque sur la pomme de terre. La régie personnalisée : une formule gagnante. p.55-71. Vendredi 27 octobre 1995. Hôtel-Motel Québec Inn, Sainte-Foy (Québec).

PARENT, L. E., A.N. CAMBOURIS, ET A. MUHAWENIMANA. 1994. Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in potato crops. Soil Sci. Soc. Am. J. 58 : 1432-1438.

TRAN, T. S. et M. GIROUX. 1991. Fertilisation azotée (¹⁵N) de la pomme de terre de primeur (*Solanum tuberosum* L.) selon les dates de récolte. Agrosol 4 (1) : 20-29.

NOTE

- Pour débiter avec les applications fractionnées de l'azote, il serait toujours préférable de consulter un ou une spécialiste.
- La mention d'une marque de commerce dans cette fiche ne signifie pas une préférence vis-à-vis d'autres produits de valeur comparable.

AUTRES DOCUMENTS SUR LA POMME DE TERRE PUBLIÉS PAR LE CPVQ :

VT 002	Pommes de terre – Guide de protection 1999. Affiche en couleurs.	5,00 \$
VT 037	Insectes secondaires de la pomme de terre. Feuille technique, 6 pages (1999).	3,00 \$
VT 045	Le « boum d'éclosion » : un outil de gestion des larves du doryphore. Feuille technique, 4 pages (1999).	3,00 \$
VS 037	Profils techniques et agronomiques de cultivars de pommes de terre (AC Belmont, Atlantic, Conestoga, Frontier Russet, Hilite Russet, Krantz, Niska et Yukon Gold). Feuilles techniques (9), 2 ^e série, 18 pages (1998).	11,00 \$
V 9619	Profils techniques et agronomiques des cultivars de pommes de terre (Eramosa, Superior, Norland, Goldrush, Shepody, Chieftain, Kennebec et Snowden). Feuilles techniques (9), 2 ^e série, 18 pages (1996).	11,00 \$
02-9605	Grilles de référence en fertilisation, 2 ^e édition (revue et augmentée), 128 pages (1996).	4,00 \$
VT 055	Colloque sur la pomme de terre : Normes et normes. Cahier de conférences, 114 pages (1999).	12,00 \$
VS 046	Colloque sur la pomme de terre : Les variétés, un regard vers l'avenir. Cahier de conférences, 108 pages (1998).	12,00 \$
VR 226	Colloque sur la pomme de terre : Cultiver la précision. Cahier de conférences, 130 pages (1997).	12,00 \$

AUTRES FICHES TECHNIQUES PUBLIÉES DANS CETTE SÉRIE

VR 211	Adaptation du pulvérisateur pour la culture des pommes de terre, 4 pages (1997).	3,00 \$
VR 212	Lutte intégrée contre les charançons des racines dans la culture du fraisier, 6 pages (1997).	3,00 \$
VR 213	Stratégies de gestion intégrée des mauvaises herbes dans le maïs sucré, 4 pages (1997).	3,00 \$
VR 215	Valorisation agricole du compost de boues de fosses septiques, 4 pages (1997).	3,00 \$

• Pour de plus amples informations sur la façon de se procurer ces publications, veuillez consulter le bon de commande.

AUTRES DOCUMENTS PERTINENTS

GIROUX, M. et T. S. TRAN. 1996. Critères agronomiques et environnementaux liés à la disponibilité, la solubilité et la saturation en phosphore des sols agricoles du Québec. Agrosol 4(2) : 51-57.

**BON DE COMMANDE POUR LES PUBLICATIONS DU
CONSEIL DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC INC.**

[illegible]

Le CPVQ offre une collection de publications sur la plupart des sujets en productions végétales. Pour obtenir plus de détails sur l'ensemble de nos publications ou sur nos nouvelles parutions, veuillez communiquer avec notre **Service à la clientèle : (418) 523-5411** ou au **1 888 535-2537**.

Les taxes sont incluses dans le prix des publications. Les frais de port et de manutention pour toute livraison au Canada doivent être ajoutés au montant de la commande en fonction du montant total des achats. Ces frais sont de 1,00 \$ si le total des achats est de 6,00 \$ ou moins. Les frais sont de 2,00 \$ si le total des achats se situe entre 6,01 \$ et 18,99 \$, et de 3,00 \$ si le total des achats est de 19,00 \$ et plus.

Pour commander, veuillez remplir ce bulletin et l'accompagner d'un chèque ou d'un mandat-poste fait à l'ordre de DISTRIBUTION DE LIVRES UNIVERS.

Expédier le tout à : DISTRIBUTION DE LIVRES UNIVERS
845, rue Marie-Victorin
Saint-Nicolas (Québec) G7A 3S8

© Conseil des productions végétales du Québec inc., 2000
ISBN 2-89457-227-1

Dépôt légal-Bibliothèque nationale du Québec, 2000
Dépôt légal-Bibliothèque nationale du Canada, 2000

Pour commander par téléphone : (418) 831-7474,
sans frais : 1 800 859-7474, ou par télécopieur : (418) 831-4021.

MODE DE PAIEMENT

Pour votre sécurité, n'envoyez pas d'espèces par la poste.

- ☐ Chèque à l'ordre de DISTRIBUTION DE LIVRES UNIVERS
- ☐ Mandat-poste
- ☐ Carte de crédit ☐ Visa
- ☐ MasterCard

Numéro de la carte : _____

Date d'expiration : _____

Signature : _____

S'il s'agit d'une MasterCard, vous devez indiquer les trois derniers numéros spécifiés à l'endos de votre carte.

Rédaction :
Aloys Muhawenimana, Ph.D.
Lyne Lauzon, biol., CPVQ

Gestion de projet :
Jacynthe Lareau, agr., M. Sc., CPVQ

**Coordination scientifique
et révision des textes :**
Jacques Painchaud, agr.
Direction régionale
du Centre-du-Québec, MAPAQ

Éditeur :
CPVQ
200, chemin Sainte-Foy, 1^{er} étage
Québec (Québec) G1R 4X6
Téléphone : (418) 646-5766
Télécopieur : (418) 644-5944
Courriel : cpvq@cpvq.qc.ca
Site Internet : www.cpvq.qc.ca

La plupart des informations contenues dans cette fiche sont tirées des rapports n° 23-811-214-04007 et n° 23-811214-04042 du Programme d'aide à l'innovation technologique de l'Entente auxiliaire Canada-Québec pour un environnement durable en agriculture.

Ces rapports, de même que la réalisation et la gestion des essais, ont été effectués par :
Le Réseau de dépistage agricole du
Centre-du-Québec et AGRECO inc.
610 Hôtel de Ville
Saint-Louis-de-France (Québec)
G8T 8J9

Vous pouvez vous procurer ce rapport en communiquant avec :
Danièle Pouliot, Direction de l'environnement et du développement durable,
MAPAQ
Téléphone : (418) 380-2150 poste 3179
Télécopieur : (418) 380-2163

Le sommaire de ce rapport est accessible sur le site Internet «Carrefour virtuel de l'information agroalimentaire» à l'adresse suivante : www.geagri.qc.ca/programmes/PLANVERT/