

La production biologique de la pomme de terre

Nicole Fraser



CENTRE
D'AGRICULTURE
BIOLOGIQUE
DE LA POCATIÈRE

La production biologique de la pomme de terre

Nicole Fraser



CENTRE
D'AGRICULTURE
BIOLOGIQUE
DE LA POCATIÈRE

Rédaction : Nicole Fraser
Édition : Centre d'agriculture biologique
de La Pocatière
401, rue Poiré, La Pocatière (Québec)
G0R 1Z0

Photographies de la page couverture :

Champ de pomme de terre,
Trois-Pistoles Johanne Coulombe
Fleur de pomme de terre *Claire Fecteau*

Les croquis des plants de pommes de terre
ont été réalisés par Claude Orphée Lafond

Révision linguistique : Denis Dumont

Conception et montage : Les Studios Sigma

Impression : Les Impressions Soleil

ISBN 2-9804412-1-X

Dépôt légal, Bibliothèque nationale du Québec, 1998

Dépôt légal, Bibliothèque nationale du Canada, 1998

Remerciements

Je remercie sincèrement tous ceux qui ont collaboré, de près ou de loin, à la réalisation de ce guide. En premier lieu, je remercie chaleureusement les productrices et les producteurs agricoles chez qui les essais et les expérimentations se sont déroulés : Renée Dumontier et René-Paul Rousseau, Jeannette Chouinard et Daniel Proulx, ainsi que Johanne Poirier et Étienne Babin. Des remerciements tout particuliers sont destinés à Serge Lafond et à Christian Charest; le premier a été l'instigateur du projet et il m'a fourni une multitude de références et de bons conseils; le second nous a enseigné et guidés à maintes reprises sur différents aspects de la culture des pommes de terre.

Je remercie aussi tous ceux qui ont relu ce guide et qui m'ont communiqué leurs corrections et leurs commentaires constructifs : Robert Robitaille, Claude Gélineau, Jean Duval, Robert Langlois, Charles-Eugène Bergeron, Raymond-Marie Duchesne et Christian Charest.

Contribution financière

Ce guide a été financé par Agriculture et agroalimentaire Canada dans le cadre de son programme « Essai et expérimentation en agroalimentaire ».

Table des matières

Table des matières	3	Production	24
Liste des tableaux	3	Choix des semences	24
Introduction	4	Façons culturales	24
La matière organique	5	Plantation	24
La rotation des cultures	6	Buttage	26
Impact des rotations sur la production	6	Défanage	26
Planification de la rotation	7	Récolte et entreposage	27
Gestion de la fertilité	9	Protection	29
Besoins de la pomme de terre	9	Adventices	29
Fertilisation	10	Insectes	32
Amendements et fertilisants	12	<i>Doryphore de la pomme de terre</i>	32
Chaux	12	<i>Pucerons</i>	35
<i>Compost</i>	13	<i>Autres ravageurs</i>	36
<i>Engrais verts</i>	15	<i>Alliés (prédateurs)</i>	37
<i>Phosphore</i>	18	<i>Plantes-abris</i>	38
<i>Potassium</i>	19	Maladies	40
Calcul du bilan prévisionnel de la fertilité	20	<i>Mildiou</i>	40
<i>Apport de la matière organique du sol</i>	20	<i>Autres maladies fongiques</i>	42
<i>Azote résiduel</i>	20	<i>Maladies virales</i>	43
<i>Apport des engrais verts</i>	21	<i>Maladies bactériennes</i>	43
<i>Apport du compost</i>	22	Bibliographie	44
Suivi des nitrates	23	Annexe	47

Liste des tableaux

<i>Tableau 1</i>	Effet de la culture précédente sur le rendement potentiel de pomme de terre	6
<i>Tableau 2</i>	Prélèvement des pommes de terre en kg/tonne selon les différentes parties de la plante	10
<i>Tableau 3</i>	Ajustement de la fertilisation pour la pomme de terre de primeur	11
<i>Tableau 4</i>	Besoin en azote de quelques cultivars	11
<i>Tableau 5</i>	Principaux engrais verts utilisables en rotation avec la pomme de terre	16
<i>Tableau 6</i>	Composition minérale des principaux fertilisants phosphatés et potassiques	19
<i>Tableau 7</i>	Quantité d'éléments contenus dans les parties aériennes de quelques engrais verts d'automne	21
<i>Tableau 8</i>	Coefficients d'efficacité des engrais verts	22
<i>Tableau 9</i>	Coefficients moyens d'efficacité des éléments fertilisants d'un compost à base de fumier de bovin	22
<i>Tableau 10</i>	Facteurs de division à utiliser dans le calcul des pertes d'efficacité de P et K liées à la date d'épandage	22
<i>Tableau 11</i>	Sommaire des apports de l'exemple	23
<i>Tableau 12</i>	Description de variétés de pomme de terre	25
<i>Tableau 13</i>	Température et humidité relative recommandées en entrepôt de pommes de terre	28
<i>Tableau 14</i>	Grille de fertilisation de la pomme de terre	47

INTRODUCTION

Les producteurs biologiques de pommes de terre ont longtemps été laissés à eux-mêmes en ce qui concerne leurs cultures. Même si la recherche en ce domaine est loin d'être complétée, il était essentiel de produire un guide de production qui viendrait leur prêter main-forte. Depuis plusieurs années, ce projet mijotait dans la tête de différentes personnes. Le comité d'agriculture biologique du CPVQ avait même commencé à y travailler au début des années 1990, mais, le temps manquant, le projet n'en était resté qu'à la première étape. Entre-temps, le Centre d'agriculture biologique de La Pocatière prépara un projet qui avait pour objectif de développer une régie de culture pour la pomme de terre biologique sous le climat québécois. Le projet s'est déroulé en champ, chez des producteurs commerciaux, afin de vérifier la pertinence, la faisabilité et l'efficacité des diverses recommandations et techniques proposées soit par des chercheurs, des agronomes ou encore des producteurs maraîchers. En même temps, la rentabilité de cette production a été vérifiée en comparant les frais variables et les rendements avec les données du Comité de références économiques en agriculture du Québec (CREAQ). Agriculture et Agro-alimentaire Canada a financé ce projet d'une durée de six ans dans le cadre de son programme « Essai et expérimentation en agro-alimentaire ». Ce guide en est la touche finale.

Vous trouverez dans ces pages le fruit de plusieurs années d'essais en champs, de communications avec des spécialistes de tout acabit et de partage avec des producteurs et avec la nature elle-même. La réalisation de ce projet nous a permis de prendre conscience des points forts de la production biologique de la pomme de terre : les rendements sont équivalents aux rendements moyens québécois lorsque la fertilité du sol est bien gérée, le contrôle des insectes et des mauvaises herbes est assez facile à réaliser, et ce mode de production est aussi rentable que le mode « conventionnel ». Les points faibles se sont situés aux plans du contrôle du mildiou et du défanage; là, nous estimons que la recherche devrait se poursuivre. Le contrôle du mildiou n'a été réalisé que partiellement, et l'on sait que cette maladie peut occasionner de lourdes pertes; il est donc important d'avoir des moyens de lutte efficaces auxquels les producteurs peuvent recourir en toute confiance. Quant au défanage, mis à part la rampe thermique qui n'est pas nécessairement accessible pour tous les producteurs, peu d'alternatives sont disponibles pour le réaliser.

C'est avec fierté que nous remettons ce guide entre vos mains. Puisse-t-il vous guider dans la production de ce merveilleux légume qu'est la pomme de terre.

LA MATIÈRE ORGANIQUE

La matière organique du sol est la base de sa fertilité. Le sol est l'un des actifs les plus importants de l'entreprise agricole. Il est de toute première importance de veiller à son entretien, à sa conservation et à son amélioration.

Le sol est un amalgame de matériaux minéraux originant de la roche-mère et de matières organiques diversifiées. Ces matières organiques sont composées de micro-organismes morts ou vivants, de débris végétaux et animaux, de produits transitoires (produits partiellement décomposés) et d'humus stable. Ce dernier constitue environ 90% de la matière organique du sol. Les 10% restants sont des matières organiques fraîches et des produits transitoires qui se décomposeront rapidement. Ce sont ces derniers 10 % qui nourrissent les vers de terre et stimulent l'activité microbiologique du sol.

L'humus joue des rôles différents selon qu'il est en sol sableux ou argileux. Dans un sol sableux, il lie les grains de sable entre eux, leur donnant de la cohésion. Il augmente la capacité de rétention en eau de ces sols et diminue le lessivage des éléments nutritifs. À l'inverse, dans un sol argileux, l'humus disperse la masse compacte du sol lourd en se liant à l'argile pour former le complexe argilo-humique, augmentant ainsi la perméabilité du sol et favorisant le développement en profondeur des racines.

L'humus se minéralise plus ou moins rapidement selon les types de culture et de sol. Par exemple, dans un sol sableux, le taux de minéralisation sera plus élevé que dans un sol argileux; il sera aussi plus élevé dans une culture sarclée que dans une culture céréalière. C'est pourquoi, lors de la planification des rotations, on doit veiller à faire suivre une culture exigeante (comme la pomme de terre) par des cultures qui retournent beaucoup de matières organiques humifiables au sol et ne nécessitent que peu de travaux mécaniques.

La matière organique du sol est en constante évolution : elle se décompose, s'humifie et se minéralise. Cette décomposition stimule l'activité biologique du sol tout en fournissant des éléments nutritifs aux plantes. On veillera donc à renouveler l'humus minéralisé par des apports réguliers d'engrais organiques tels les composts et les engrains verts. Ce n'est pas tellement à augmenter le taux d'humus du sol que l'on doit viser, mais bien

à y favoriser l'activité biologique. Lorsque l'activité biologique est intense, les amendements organiques sont rapidement décomposés par les micro-organismes pour être ensuite utilisés par les plantes. L'augmentation du nombre de vers de terre sera le premier indice visible du fait que cette activité s'intensifie.

Les cultures à haute teneur en azote et en sucre (celles qui sont tendres et vertes) se décomposeront rapidement, libérant une quantité importante de nutriments pour les organismes du sol et les plantes, mais elles ne laisseront que peu d'humus. De leur côté, celles riches en lignine et en cellulose se décomposeront lentement pour renouveler la réserve du sol en humus : ce sont les pailles, les composts mûrs, les tiges de maïs, les engrains verts « avancés », les bois raméaux fragmentés, la tourbe, etc.

Le taux de matière organique souhaitable dépend de la texture du sol. Un niveau élevé de matière organique n'est pas nécessairement un indice de fertilité. Au contraire, une forte accumulation peut indiquer que l'activité biologique est faible. Les principaux facteurs responsables de ce peu d'activité biologique sont :

- une mauvaise aération du sol,
- un mauvais drainage,
- un pH très acide,
- un sol froid,
- la compaction,
- un apport massif de matières ligneuses (copeau de bois, bran de scie, tiges, pailles, etc.),
- des carences en azote et en phosphore.



LA ROTATION DES CULTURES

Les rotations jouent un rôle essentiel dans la production des pommes de terre. Elles ont un impact bénéfique tant sur la qualité de la récolte que sur la conservation du sol et la protection de l'eau.

La pomme de terre est une production qui nécessite une quantité importante d'éléments nutritifs et de nombreux passages de machinerie pour la préparation du sol et l'entretien de la culture. La décomposition de la matière organique est accélérée et le sol se fait compacter si les conditions d'humidité ne sont pas adéquates lors des passages de la machinerie. Lorsque la pomme de terre est cultivée au même endroit pendant une deuxième année, les doryphores qui se sont enfouis à proximité pour l'hiver n'ont qu'à émerger pour retrouver immédiatement leur nourriture préférée. Par ailleurs, si la culture était atteinte de maladies telles que le flétrissement bactérien, la verticilliose, la gale ou la rhizoctonie, la nouvelle production en serait affectée, car ces pathogènes survivent dans les résidus de culture. Le sol, quant à lui, est sans couverture végétale pendant de longues périodes, ce qui favorise l'érosion tant éolienne qu'hydrique.

Impact des rotations sur la production

La rotation est le moyen à privilégier pour maintenir le taux de matière organique du sol et le nettoyer des pathogènes. La culture de la pomme de terre est exigeante : elle consomme beaucoup mais retourne peu. Il est important de la faire suivre par des cultures qui vont produire de grandes quantités de résidus, nécessiter moins de travail du sol et causer moins d'érosion.

**LES ROTATIONS
PERMETTENT DE CONTRÔLER
PLUSIEURS MALADIES,
DE DIMINUER LE STRESS
CAUSÉ PAR LA SÉCHERESSE,
L'EXCÈS D'EAU
ET LES DORYPHORES,
ET FAVORISENT L'ACTIVITÉ
BIOLOGIQUE DU SOL
EN FOURNISSANT
DES NUTRIMENTS
AUX MICRO-ORGANISMES
ET AUX VERS DE TERRE.**

quantité de résidus qu'elles laissent, favorisent le renouvellement de la matière organique. De plus, le système racinaire des céréales favorise l'agrégation du sol et stimule l'activité microbienne. Les crucifères, quant à elles, prélèvent du phosphore et du potassium

dans la roche-mère, et leurs grosses racines pivotantes décompactent le sol en profondeur. La variété des systèmes racinaires, au fil de la rotation, contribue à rétablir le niveau de matière organique minéralisée lors de la production de pomme de terre, améliore la structure du sol, lutte contre les organismes pathogènes tout en permettant l'installation d'une microfaune et d'une microflore riches et diversifiées.

Il a été démontré que la culture précédant la pomme de terre a une influence sur le rendement de celle-ci. Le tableau suivant nous indique qu'en choisissant un précédent de trèfle rouge, le rendement en pomme de terre pourra potentiellement être de 33% plus élevé qu'avec un précédent de pomme de terre.

TABLEAU 1	
EFFET DE LA CULTURE PRÉCÉDENTE SUR LE RENDEMENT POTENTIEL DE POMME DE TERRE	
Culture précédent les pommes de terre	Rendement potentiel de la pomme de terre
Trèfle rouge	1,33
Luzerne	1,18
Avoine	1,10
Orge	1,18
Pomme de terre	1,00

Source : Johnston, H.W., 1989.

Planification de la rotation

La rotation des cultures doit être planifiée en fonction de ses besoins et des types de sol rencontrés sur la ferme. Bien projetée, elle améliorera la qualité et le rendement des pommes de terre tout en contribuant à la fertilité et à la conservation du sol.

On planifie une rotation équilibrée en alternant une culture sarclée, qui accélère les processus de minéralisation de la matière organique du sol, avec d'autres cultures qui, parce qu'elles impliquent très peu de travail du sol et dont les résidus sont abondants et humifiables, créent des conditions propices à l'accumulation de l'humus et à l'amélioration de la fertilité.

La plante la plus exigeante est placée en tête de rotation; la pomme de terre fait partie de ce groupe. Elle est suivie par des plantes plus frugales, puis, en fin de rotation, par les légumineuses, les prairies et les engrains verts qui vont fertiliser et régénérer le sol.

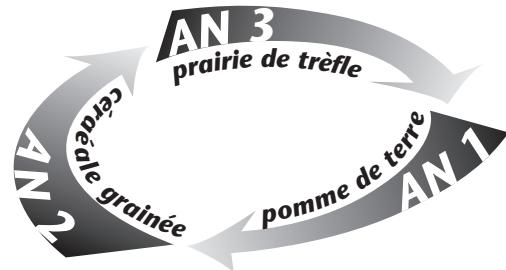
La rotation pomme de terre - céréale grainée - prairie de trèfle a démontré de belles performances tant sur le plan économique que sur le plan environnemental.

Il est intéressant de faire suivre la culture de pomme de terre par une céréale grainée. Selon certaines études, le seigle nettoie le sol des pathogènes et améliore les rendements de pomme de terre. L'avoine remet en état un sol médiocre et aide à contrôler la rhizoctonie. Par contre, l'orge peut augmenter les problèmes de gale. Le doryphore va mettre plus de temps à émerger dans un champ de céréale, car le sol y est plus froid. Il ne trouvera pas immédiatement sa nourriture et pourra éventuellement mourir faute d'avoir atteint le champ de pomme de terre.

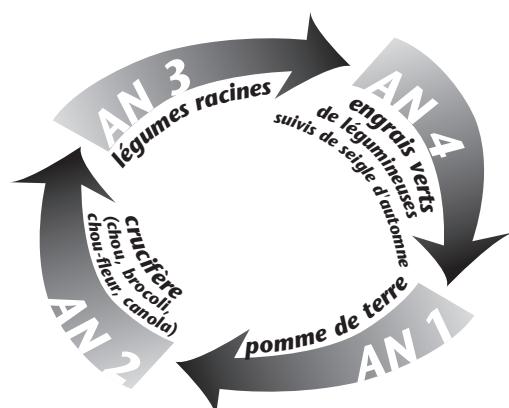
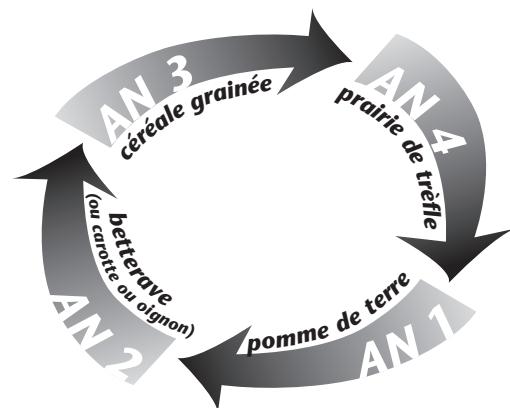
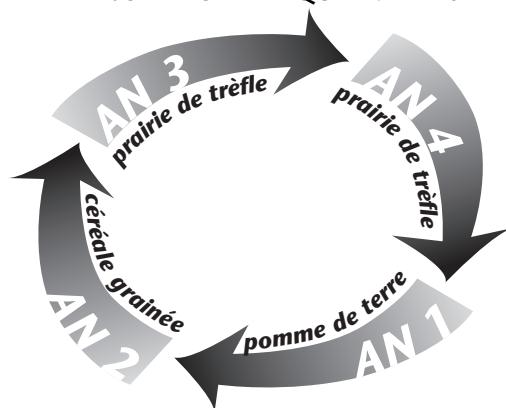
La troisième année, la prairie de trèfle occupe l'emplacement des céréales. Le compost est appliqué après la première ou la deuxième coupe (selon les régions), et la prairie absorbe les éléments nutritifs qui sont immédiatement disponibles. La dernière coupe ne sera pas récoltée mais enfouie à l'automne, comme engrain vert, lorsque le sol aura atteint une température inférieure à 10 °C (ainsi, elle ne se minéralisera pas avant le printemps suivant). La légumineuse (trèfle) fournira à la culture de pomme de terre une quantité importante d'azote de même que les autres éléments nutritifs qu'elle aura assimilés au cours de sa croissance.

Quelques exemples de rotation

ROTATION DE TROIS ANS

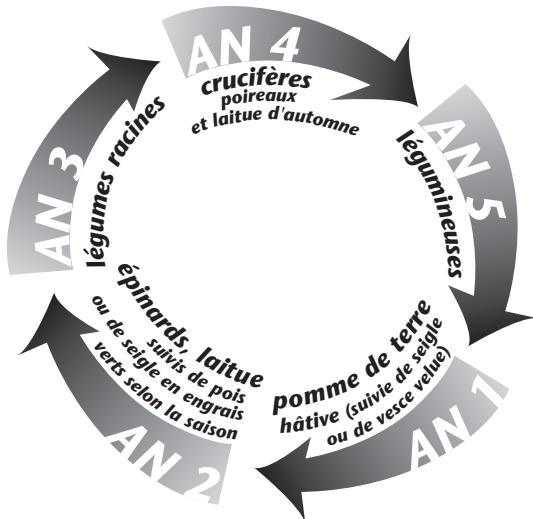


ROTATION DE QUATRE ANS



ROTATION DE CINQ ANS EN CULTURE MARAÎCHÈRE

Source : Lemay, M. (1994)



Ce dernier type de rotation génère des revenus quatre années sur cinq. La succession tient compte des exigences de chaque culture : les légumineuses arrivent juste avant les deux cultures les plus exigeantes : la pomme de terre et l'épinard. Il faut cependant faire attention au bilan humique de cette dernière rotation, c'est-à-dire qu'on doit veiller à enfouir suffisamment de matière humifiable (chaume, compost mûr) pour renouveler l'humus minéralisé.

Une rotation de trois ans est un minimum. La prairie peut être implantée pour plus d'une année si les besoins de la ferme l'exigent. Autrement, la culture des pommes de terre peut être suivie par une autre culture sarclée moins exigeante comme, par exemple, celles de la betterave ou de la carotte, qui bénéficieront du nettoyage des mauvaises herbes effectué pendant la culture précédente.

Plusieurs essais et expérimentations tant à l'étranger qu'au Canada ont démontré l'efficacité des systèmes de rotation pomme de terre - céréale grainée -

prairie de trèfle et pomme de terre - betterave - céréale grainée - prairie de trèfle. La structure du sol et sa fertilité se sont améliorées, les rendements commercialisables se sont accrus et la rentabilité de la production a été maintenue.

Le canola, le pois sec et le blé panifiable sont à considérer dans une rotation avec la pomme de terre, car ces cultures ont une valeur pécuniaire élevée et contribuent à la rentabilité de l'entreprise.

Le canola laissera une quantité importante de résidus. Il est bien adapté à tous les types de sol, sauf peut-être aux sols sableux ayant un faible taux de matière organique et une nappe phréatique profonde. Il permet de recycler le phosphore qu'il prélève en grande quantité dans la roche mère et qui sera retourné à la culture suivante par la minéralisation de ses résidus.

Le pois sec est bien adapté au climat frais. Étant une légumineuse, il fixe l'azote atmosphérique et le rend disponible pour les cultures suivantes, mais il ne laisse que peu de résidus humifiables. Sa valeur pécuniaire est élevée lorsqu'il rencontre les exigences de la consommation humaine.

Le blé panifiable est aussi très intéressant, car en plus d'inclure les avantages d'une céréale dans la rotation, il a une valeur pécuniaire plus élevée que les autres céréales.

Il est important de faire aussi une planification économique à la suite de l'implantation d'un nouveau système de rotation. Le sol devra peut-être faire face à une période d'adaptation agronomique plus ou moins longue selon son degré de dégradation. La vie microbiologique a besoin de temps pour bien s'implanter et faire en sorte que le nouveau système de rotation se traduise par une augmentation des rendements commercialisables.

**IL FAUT PLANIFIER
NOTRE ROTATION
DE FAÇON STRATÉGIQUE,
EN DESSINER LE PLAN
ET L'AFFICHER
BIEN EN VUE : IL SERVIRA
DANS L'ORGANISATION
DE TOUS LES TRAVAUX**

GESTION DE LA FERTILITÉ

Nous avons vu, dans le chapitre sur la matière organique, qu'il est essentiel de veiller au renouvellement de la matière organique du sol par l'apport régulier d'amendements humifères. La pomme de terre est une culture exigeante : elle exporte de grandes quantités d'éléments minéraux. Les rotations et l'enfouissement d'engrais verts ne parviendront pas à restituer au sol les éléments exportés par les tubercules. Il faut y ajouter des éléments fertilisants provenant soit des déjections animales (fumier et compost), soit de roches broyées (éruptives ou sédimentaires), soit de résidus marins ou animaux (algues, poudre d'os, etc.).

Afin d'évaluer les apports que l'on doit faire, nous allons voir quels sont les besoins de la pomme de terre.

Besoins de la pomme de terre

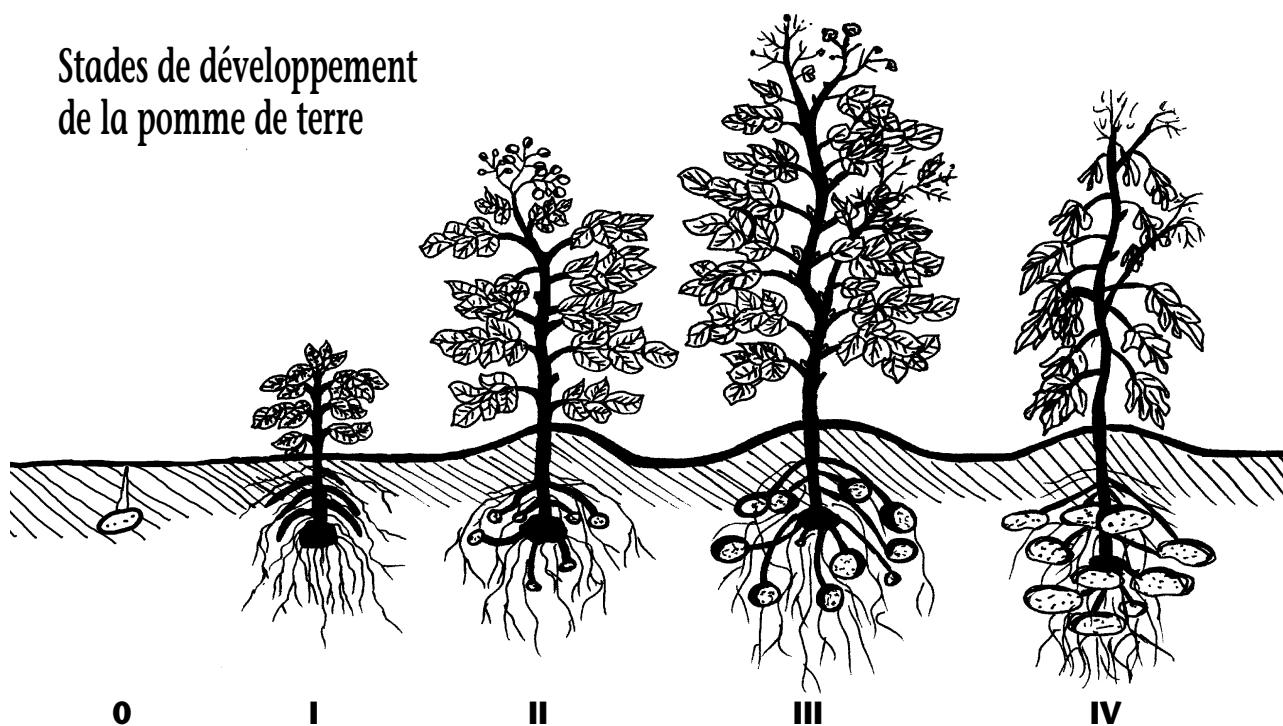
La pomme de terre est une grande consommatrice d'azote et de potassium. Elle a aussi besoin de phosphore, de calcium et de magnésium en bonne quantité et nécessite un sol équilibré en oligo-éléments. Elle préfère un sol dont le pH est légèrement acide et dont le taux d'humidité est suffisant pour lui permettre d'absorber ces éléments. Le producteur visera un sol équilibré en éléments nutritifs où l'activité biologique sera intense.

Les besoins de la pomme de terre varient au fil de sa croissance. Cette dernière est divisée en plusieurs stades de développement.

Du début de la germination jusqu'à l'émergence (stade 0), le planton fournit toute l'énergie nécessaire à la croissance du plant. À ce stade, les éléments nutritifs du sol ne sont pas utilisés, car les racines ne sont pas encore développées. Le stade 0 peut prendre de une à deux semaines selon la température du sol et l'éveil des tubercules au moment de la plantation.

Au stade végétatif (stade I) débute la photosynthèse, qui fournit l'énergie nécessaire à la croissance et au développement de la plante. Les racines absorbent activement les éléments nutritifs du sol. À ce stade, qui peut durer entre 15 et 30 jours selon la date de plantation, la pomme de terre n'utilisera que 15% de ses besoins totaux en azote.

Stades de développement de la pomme de terre



Le stade II est celui de l'apparition des boutons floraux et du début de la tubérisation. Ce stade est de courte durée (environ 10 jours), mais il est crucial pour la production. La pomme de terre y consommera près de 30 % de ses besoins en azote. L'humidité du sol, sa température, l'azote disponible et les hormones de croissance produites par la plante sont tous des facteurs qui vont influencer la formation des tubercules. Par exemple, un déficit en eau pendant cette période réduira le nombre de tubercules par plant.

Au stade du grossissement des tubercules (stade III), le développement se poursuit de façon linéaire si aucun des facteurs de croissance ne devient limitatif. Les hydrates de carbone (fabriqués à l'aide de la photosynthèse) et les minéraux mobiles se déplacent vers les tubercules. Les hydrates de carbone seront alors trans-

Fertilisation

Le maintien d'un bon niveau de matière organique, un système de rotation bien planifié et un pH adéquat sont la base de la fertilité des sols. Cependant, ils ne sauront suffire à remplacer tous les éléments nutritifs prélevés par la pomme de terre pour sa croissance, puis exportés par les tubercules.

Le tableau 2 nous renseigne sur les prélèvements faits par une culture de pommes de terre; les fanes resteront sur le champ et retourneront les éléments prélevés, ce qui n'est pas le cas pour les tubercules. La production de 25 tonnes/hectare de pommes de terre exporterait 92,5 kg d'azote, 12,5 kg de phosphore, 100 kg de potassium, 5 kg de calcium et 5 kg de magnésium par hectare.

TABLEAU 2

PRÉLEVÈMENT DES POMMES DE TERRE EN KG/TONNE
SELON LES DIFFÉRENTES PARTIES DE LA PLANTE

Partie	Humidité (%)	N (kg/t)	P (kg/t)	K (kg/t)	Ca (kg/t)	Mg (kg/t)
Tubercules	80	3,7	0,5	4	0,2	0,2
Fanes	m.s.	15	1,8	40	14	6

Source : Giroux et coll., 1996.

formés en amidon et augmenteront le pourcentage de matière sèche des tubercules. Divers facteurs (conditions climatiques, fertilité insuffisante, etc.) peuvent limiter la capacité du plant de fournir les hydrates de carbone ou les minéraux à un rythme suffisant pour la croissance des tubercules. À ce moment-là, ces matériaux seront solubilisés dans les parties végétales et transportés vers les tubercules, ce qui pourra provoquer une sénescence prématuée des tiges ainsi qu'un affaiblissement de la résistance aux maladies. Ce stade est d'une durée de 60 à 120 jours selon les variétés. La majorité des éléments nutritifs utilisés par le plant le seront pendant cette période.

Pendant le stade de maturation (stade IV), le taux de matière sèche des tubercules atteint son maximum, les nutriments de la partie aérienne et des racines se solubilisent et migrent vers les tubercules : c'est la sénescence du feuillage. Les plants ne préleveront presque plus rien des éléments du sol.

L'objectif de la fertilisation est de rendre disponibles suffisamment d'éléments nutritifs pour favoriser :

- une bonne croissance du feuillage tôt en saison afin que l'interception de la lumière soit optimale pour la photosynthèse, mais pas trop pour ne pas avoir un développement végétatif excessif qui retarderait la tubérisation;
- la résistance aux maladies et aux insectes;
- la formation des tubercules et leur développement régulier afin d'obtenir une récolte de bonne qualité et de calibre optimal.

Afin de bien gérer la fertilité de nos sols, il faut les connaître. Quelle est leur texture? Y-a-t-il une couche indurée qui empêche les racines de pénétrer en profondeur? Quel est le niveau de matière organique et la quantité d'éléments nutritifs disponibles?

La couche indurée peut être localisée (s'il y a lieu) au moyen d'un pénétromètre ou d'un profil de sol. Cette couche indurée devra être brisée, car elle empêche les racines d'aller puiser l'eau et les éléments en profondeur. Les plants seront affectés par les périodes de

sécheresse ou asphyxiés lors d'été pluvieux, l'eau ne pouvant bien s'égoutter.

Les analyses de sol sont une source d'information de première importance en ce qui concerne les quantités de matière organique et d'éléments nutritifs que contient un sol. Idéalement, on examinera les analyses de plusieurs années pour un même champ, car les résultats peuvent varier grandement selon la date et la qualité de l'échantillonnage ou encore selon le climat prédominant durant l'année concernée. On peut apprendre beaucoup en conservant l'historique de nos champs, non seulement des résultats d'analyses chimiques, mais aussi des cultures et de leurs rendements. Ainsi, on a une vue globale de l'évolution de nos sols dans le temps et de leur réaction aux apports qu'on y fait; par exemple, les rendements s'améliorent, les problèmes de gale diminuent ou s'aggravent, etc.

Un sol fertile pour la pomme de terre devrait avoir les caractéristiques suivantes :

pH	5,5 à 6,0
Phosphore (P)	200 à 300 kg/ha
Potassium (K)	300 à 375 kg/ha
Calcium	1000 kg/ha et plus
Magnésium (Mg)	100 kg/ha et plus
Bore	1,15 à 1,70 ppm
Matière organique	4 à 6 %

Quant à l'azote, on s'assurera d'en fournir entre 125 à 175 kg/ha pour un sol minéral et 50 kg/ha pour un sol organique. En sol minéral, la dose d'azote recommandée est établie en fonction de la texture des sols, des cultivars et de la date prévue pour la récolte. Les tableaux ci-dessous vous donnent quelques indications à ce sujet.

À partir des renseignements fournis par les analyses, on cherchera à équilibrer les éléments nutritifs du sol de façon à ce que les besoins de la pomme de terre soient comblés.

Azote (N) On évalue la quantité d'azote fournie par le précédent cultural et la matière organique du sol, et on comble la différence par le compost. La minéralisation des matières organiques sera d'autant plus intense que les températures seront chaudes et sèches, comme aux mois de juillet et d'août. Cette période correspond au besoin maximum en azote des pommes de terre.

Phosphore (P) On évalue la quantité de phosphore fournie par le précédent cultural et par le compost. Lorsque le sol est pauvre en phosphore et que l'apport du compost est insuffisant, on comblera les besoins par du phosphate de roche, naturel ou colloïdal. La poudre d'os est aussi une excellente source de phosphore; cependant, elle est trop onéreuse pour être utilisée en grande culture.

Potassium (K) On procèdera de la même façon pour l'évaluation du potassium. On apportera une attention toute particulière à la proportion K / Mg dans le sol. Il devrait y avoir au moins deux fois plus de potassium que de magnésium. On cherchera à préserver du lessivage le potassium contenu dans le compost, car ce dernier est la meilleure source de potassium dont un producteur puisse disposer. En dernier ressort, le sulfate de potassium et le sulfate de potassium et magnésium peuvent être utilisés pour corriger une carence.

T A B L E A U 3
AJUSTEMENT DE LA FERTILISATION
POUR LA POMME DE TERRE DE PRIMEUR

Nombre de jours de culture	Dose d'azote recommandée	
	kg/ha sol sableux	kg/ha sol loameux
65	100	75
75	120	110
85	140	135
95	150	140

Source : Pomme de terre; Culture, CPVQ (1992)

T A B L E A U 4
BESOIN EN AZOTE DE QUELQUES CULTIVARS

Cultivars	Dose d'azote recommandée	
	kg/ha sol sableux	kg/ha sol loameux
Chieftain	135	125
Hilite Russet	150	140
Kennebec	135	125
Norland	135	125
Shepody	135	125
Superior	150	140

Source : C. Charest, communication personnelle

Calcium (Ca) Un sol qui aura des quantités inférieures à 800 kg/ha de cet élément sera considéré pauvre et des carences pourront en résulter. Cependant, avec les apports de compost, de phosphate de roche (33% Ca) ou de chaux, il est plutôt rare de faire face à cette déficience en agriculture biologique.

Magnésium (Mg) Les besoins en magnésium peuvent être comblés soit par la chaux dolomique ou magnésienne si le pH du sol a besoin d'être corrigé, soit encore par le sulfate de potassium et magnésium (Sul-Po-Mag) si le sol a aussi besoin de potassium.

Les oligo-éléments sont généralement en quantité suffisante lorsqu'on entretient la fertilité des sols par les composts et les engrains verts qui en sont une excellente source. Comme la pomme de terre est sensible aux carences en bore, on veillera à maintenir le bore à un niveau de 1,15 à 1,70 ppm.

L'activité des micro-organismes va contribuer à mettre en solution des éléments nutritifs qui autrement seraient fixés à des molécules relativement stables. De plus, les plantes disposent de moyens physiologiques pour puiser ce dont elles ont besoin : par exemple, elles exsudent des acides organiques qui contribuent à solubiliser le phosphore dans la zone racinaire. Un sol ayant de bonnes propriétés physiques (structure, perméabilité, élasticité) permettra aux racines de s'enfoncer en profondeur et d'explorer les couches arables afin d'y prélever les éléments nutritifs et l'eau nécessaires à leur croissance.

L'irrigation est aussi de première importance en culture de pommes de terre. Très souvent, ces dernières sont cultivées en sol sableux et, sauf exception, ces sols ne présentent pas de problème de drainage mais plutôt des problèmes de sécheresse. La formation des tubercules et leur grossissement sont des périodes particulièrement critiques en ce qui concerne les besoins en eau. Il faudra veiller à combler ce besoin lors des périodes de sécheresse, sinon on risque de connaître des baisses de rendements importantes même si la fertilité du sol est adéquate. De plus, la qualité des tubercules peut en être affectée, car les organismes responsables de la gale sont plus virulents en conditions de sécheresse.

Amendements et fertilisants

CHAUX

La chaux est produite à partir du concassage et de la pulvérisation de la pierre calcaire naturelle. On l'utilise pour neutraliser l'acidité du sol. Elle est principalement composée de carbonate de calcium (CaCO_3) auquel peut s'ajouter une quantité variable de carbonate de magnésium (MgCO_3). On distingue trois types de chaux brute : la chaux calcique (0 à 4,9% de MgCO_3), la chaux magnésienne (5 à 19,9% de MgCO_3) et la chaux dolomitique ou dolomie (20% et plus de MgCO_3). L'une ou l'autre sera choisie en fonction des besoins en magnésium des sols. La composition de la pierre à chaux varie selon les dépôts sédimentaires que l'on retrouve un peu partout au Québec; parfois, elle varie à l'intérieur d'un même gisement.

La chaux vive et la chaux hydratée sont des produits obtenus par calcination de la pierre à chaux. La chaux vive (CaO) est le produit à la sortie du four tandis que la chaux hydratée est de la chaux vive traitée à l'eau (Ca(OH)_2); elle est aussi appelée chaux éteinte. Ces deux produits ont une très grande solubilité, ils agissent rapidement sur l'acidité du sol et accélèrent la décomposition de la matière organique. Parce qu'ils sont très réactifs, ils ne seront pas utilisés sur les sols en agriculture biologique.

Les tables qui établissent les relations entre le pH tampon du sol et les quantités de chaux à appliquer ne sont pas utilisées en culture de pomme de terre, car des applications massives pourraient accentuer les problèmes de gale sur les tubercules. On recommande plutôt de faire des apports en petites quantités sur une base régulière lorsque le pH à l'eau est de 5,5 ou moins. On appliquera un maximum de 1 tonne/hectare de chaux suivie par un hersage afin qu'elle soit bien mélangée aux 10 premiers cm du sol. Idéalement, cette application sera faite après la culture de la pomme de terre. Ainsi, elle sera incorporée au sol de façon homogène et aura eu le temps de réagir avant le retour des pommes de terre.

La pierre à chaux est non seulement un régularisateur de pH, mais elle est aussi un amendement pour le sol par son apport important en calcium. Le calcium déloge les ions hydrogène (responsables de l'acidité) des colloïdes du sol pour prendre leur place et sert de lien entre les colloïdes, leur permettant de s'agglomérer et de former des agrégats. Les agrégats, quant à eux, constituent la structure du sol. Le calcium agit donc comme flocculant et comme structurant pour le sol. De plus, le chaulage des sols stimule l'activité biologique et favorise la minéralisation du phosphore organique et de l'azote.

COMPOST

Le compost est la base de la fertilisation en agriculture biologique. Sa fabrication est un art qui se développe et se perfectionne avec l'expérience. En quelques mots, le compost est un mélange homogène de différents matériaux organiques qui se sont transformés pendant les processus de décomposition et d'humification microbienne en conditions aérobies. La température à l'intérieur du tas de compost devrait s'élever à 65 °C pendant au moins trois jours consécutifs, pour assurer l'élimination des éléments pathogènes, des insectes nuisibles et des graines de mauvaises herbes. Les températures peuvent atteindre des valeurs encore plus élevées, mais ce n'est pas l'idéal, car à 65 °C et plus, elles entraînent des pertes par volatilisation. On recommande plutôt de viser des températures entre 45 et 55 °C, et ce, sur tout le matériel; ainsi, la plupart des graines de mauvaises herbes et des organismes pathogènes auront été détruits et les pertes auront été limitées.

Le compost améliore les propriétés physiques, biologiques et chimiques du sol. Il en augmente la capacité d'échange cationique (C.E.C.) et le pouvoir tampon. Il stimule l'activité biologique par l'ajout de matières organiques et d'éléments minéraux qui servent d'aliments aux micro-organismes du sol et aux plantes en plus d'y inoculer des milliards d'êtres vivants et diversifiés. Grâce à certains de ces micro-organismes, le compost a un effet fongistatique, c'est-à-dire qu'il peut arrêter le développement des champignons pathogènes. Les recherches sont loin d'être complétées à ce sujet, mais il semble qu'il ait un effet fongicide sur le mildiou de la pomme de terre. Peut être a-t-il le même effet sur d'autres maladies fongiques telles la gale poudreuse ou la rhizoctonie?

On appliquera entre 20 et 25 t/ha de compost mi-mûr (selon l'analyse du compost) l'année précédent la pomme de terre, au début août, lors de la préparation du sol pour la culture d'engrais verts ou après la coupe de la prairie. La culture emmagasinera les éléments nutritifs immédiatement disponibles, empêchant ainsi leur lessivage. Cette application se fera une année sur trois dans le cas d'une rotation de trois ans. Lors d'une rotation plus longue, elle pourrait être fractionnée, voire même augmentée selon les exigences des espèces cultivées.

La pomme de terre n'apprécie guère le fumier frais ni le jeune compost, qui favorisent le développement de la gale. C'est pourquoi on choisira un compost mi-mûr. On

dit d'un compost qu'il est jeune lorsqu'il a complété la phase chaude de sa dégradation et que la température est descendue à moins de 30 °C. À ce stade, la plupart des matériaux d'origine sont encore identifiables. Un compost mûr aura connu, en plus, une période de maturation prolongée. Les matériaux d'origine ne sont plus reconnaissables; le matériel ressemble à du terreau et a une bonne odeur de terre. Entre les deux, existent tous les stades de décomposition.

Notions de base sur le compostage

Les composts à base de fumier sont les mieux indiqués pour la fertilisation des cultures, car ces composts vont atteindre des températures plus élevées que les composts maraîchers (uniquement à base de végétaux), ce qui permet un meilleur assainissement des matériaux.

Le fumier peut perdre beaucoup de sa valeur fertilisante selon la façon dont il est entreposé. On veillera à créer un milieu anaérobie et humide lors de l'entreposage afin d'éviter le démarrage de la fermentation chaude qui doit intervenir plus tard. Les litières et les excréments seront incorporés le plus complètement possible. Le fumier sera très pailleux pour assurer les conditions aérobies nécessaires à la prolifération des micro-organismes.

Les meilleures façons d'entreposer les fumiers destinés au compostage sont :

- la stabulation libre sur litière fortement paillée;
- en tas bien tassé sur plateforme cimentée avec récupération du purin et arrosage avec ce dernier pour bien imprégner la litière.

Il y a deux techniques d'utilisation des fumiers qui optimisent leur valeur fertilisante.

1. Le compostage en andain

La mise en andain aère le fumier qui était entreposé en condition anaérobie. L'apport d'oxygène favorise la prolifération de milliers de micro-organismes diversifiés qui s'activeront à la transformation des matériaux bruts et feront grimper les températures. L'andain sera recouvert pour le protéger du lessivage occasionné par les pluies (le potassium est très sensible au lessivage).

2. Le compostage de surface

Le fumier est épandu en couche fine et homogène sur les prairies, les engrains verts ou les chaumes.

Immédiatement après cet épandage ou après un certain délai, le fumier est incorporé superficiellement (10 cm) pour qu'il y ait contact étroit avec le sol, ce qui stimule la fermentation aérobie et entraîne une décomposition et une humification très rapide. Le compostage de surface ne doit pas être confondu avec l'épandage conventionnel du fumier. Le matériel doit être bien émietté par l'épandeur et appliqué sous des conditions de température et d'humidité du sol favorables à l'activité biologique (et non pas sur un sol nu à l'automne). Lorsqu'on pratique le compostage de surface avant une culture, on doit attendre de une à trois semaines avant le semis pour éviter le risque de phytotoxicité.

Les matériaux

Plusieurs matériaux peuvent être utilisés pour le compostage : il faut simplement équilibrer ces matériaux afin que le rapport C/N (carbone/azote) ne soit pas trop élevé. On cherchera à atteindre un rapport C/N de départ entre 25 et 35. Sans nous étendre sur les rapports C/N de tous les matériaux utilisables, il suffit de comprendre que plus le matériel est tendre et vert, plus le rapport C/N est bas (gazon, fumier, engrais vert jeune), tandis que plus le matériel est parvenu à maturité ou plus il est ligneux, plus ce rapport est élevé (paille, bran de scie).

QUELQUES DONNÉES

C/N de départ visé :	25 à 35
Fumier de bovin sans paille :	C/N 8 à 13
Fumier de bovin pailleux :	C/N 25 à 30 selon la quantité de paille (4 kg ou + par U.A./jour)
Engrais vert et gazon :	C/N 10 à 20
Paille d'avoine et d'orge :	C/N 50-60
Feuilles mortes :	C/N 30-60
Bran de scie :	C/N 100-600
C/N à atteindre pour un compost mûr à base de fumier :	15
C/N à atteindre pour un compost maraîcher mûr :	10

Un fumier n'ayant que très peu de paille (3 kg/U.A./jour ou moins) est impropre au compostage en andain, car l'oxygénation y est déficiente.

Les activateurs

On pourra faire différents ajouts lors de la mise en andain. Les plus intéressants sont le phosphate de roche pour l'apport de phosphore et de calcium, les préparats biodynamiques qui intensifient l'activité biologique et la terre ou le compost, ajoutés dans le tas ou en couverture, qui ensemencent le milieu en ferment. De plus, la terre favorise la formation des complexes argilo-humiques. Ces ajouts ne sont pas nécessaires, mais ils semblent donner des résultats supérieurs.

La mise en andain

Critères de sélection d'un site de compostage :

- proximité des champs où il sera utilisé ou des bâtiments de ferme;
- terrain surélevé et bien drainé;
- conformité au règlement sur la réduction de la pollution d'origine agricole du ministère de l'Environnement et de la Faune.

L'andain peut être fabriqué au moyen de l'épandeur à fumier, qui assurera le mélange et l'oxygénéation du matériel, ou par la benne basculante d'un camion. Dans ce dernier cas, le fumier devra être très pailleux (au moins 7 kg et plus de paille / UA / jour).

L'andain peut être aussi long qu'on le désire, mais il ne devra pas être plus haut que 1,2 à 1,5 mètre sur environ 2,5 mètres de largeur pour ne pas nuire à l'oxygénéation. Il est important d'avoir un andain arrondi, c'est-à-dire sans dépression, pour éviter les accumulations d'eau. Les matériaux devront avoir une humidité suffisante, soit entre 50 % et 70 %, pour permettre le travail des micro-organismes; cependant, l'humidité ne doit pas être excessive ce qui priverait ceux-ci d'air et augmenterait les risques de contamination du sol par perte de liquide. On estime que l'humidité est suffisante lorsque, en prenant une poignée du matériel et en le pressant, une ou deux petites gouttes d'eau s'échappent entre les doigts.

On surveillera la température à l'intérieur de l'andain. Si les conditions sont adéquates (aération et humidité), la température grimpera rapidement à des niveaux de 55 à 70 °C. Lorsque les températures redescendent au-dessous de 40 °C, le tas est retourné afin de remélanger les couches extérieures et intérieures et d'aérer le milieu pour stimuler à nouveau le développement des micro-organismes. Cette opération est faite au moyen d'un retourneur à compost ou d'un épandeur à fumier.

En dernier recours, on pourra utiliser le chargeur frontal du tracteur, sur lequel on aura installé les fourches à fumier, et on retournera le tout en aérant le mieux possible.

Les bâches de recouvrement

La valeur fertilisante des composts est précieuse. Des études québécoises ont démontré que les pertes d'éléments nutritifs par lessivage sont jusqu'à 10 fois plus importantes sous un andain de compost non recouvert que sous un andain recouvert d'une bâche géotextile.



Photo : François Chalifour

La paille est peu efficace pour protéger les andains des précipitations. Le plastique et le géotextile sont, de leur côté, très efficaces. Cependant, le plastique empêche les échanges gazeux et nuit au bon fonctionnement des processus de compostage. Le matériel à privilégier est le géotextile : il est perméable aux échanges gazeux et garde l'andain au sec. De plus, il est plus facile à manier que le plastique, surtout lorsqu'il y a du vent. La valeur des éléments conservés dans l'andain recouvert comparativement à celui non recouvert rentabilise la bâche dès la première année.

On peut couvrir l'andain immédiatement après sa confection, surtout si on prévoit des pluies abondantes. On peut aussi attendre environ deux semaines, faire un premier retournement et recouvrir l'andain par la suite. Le taux d'humidité de l'andain devra être d'au moins 70% avant le recouvrement, car sous le géotextile, le compost a tendance à s'assécher.

ENGRAIS VERTS

Culture

La culture des engrais verts a de multiples avantages : ils améliorent la structure du sol, le protègent contre l'érosion, augmentent sa fertilité et y stimulent l'activité biologique. En plus, comme ils absorbent les minéraux

disponibles, ils en diminuent le lessivage et les gardent en réserve pour la culture suivante. Et ce n'est pas tout! Certaines espèces ont la particularité de puiser des éléments dans la roche-mère, qui y sont sous formes insolubles, tandis que d'autres transforment l'azote atmosphérique. Ces éléments sont ensuite restitués sous des formes organiques assimilables par les autres plantes. Et que dire de la prolifération des micro-organismes et des vers de terre lors de l'enfouissement de ces matières organiques vertes et tendres! Quant aux mauvaises herbes, le sol étant occupé, elles n'ont pas de place pour s'implanter.

Chaque espèce ayant son impact particulier, on veillera à choisir l'engrais vert en fonction des besoins spécifiques du champ et de la culture suivante. L'engrais vert peut être cultivé seul ou en association; il peut être utilisé comme culture principale ou comme culture dérobée. Le tableau 5 donne plusieurs informations sur les différentes espèces pouvant être cultivées comme engrais verts dans une rotation avec la pomme de terre.



Photo : Serge Lafond

Voici les principales particularités des familles utilisées comme engrais vert.

CRUCIFIÈRES : Elles puisent le potassium (K) et le phosphore (P) contenus dans la roche-mère. Leurs puissantes racines pivotantes décompactent le sol en profondeur. Il est préférable de ne pas les utiliser dans les champs en culture maraîchère où la rotation prévoit des crucifères (choux, brocolis, etc.), car elles peuvent être attaquées par les mêmes maladies et attirer les mêmes insectes nuisibles.

GRAMINÉES : Elles ont un système racinaire très ramifié et important se développant dans la couche superficielle du sol. Elles améliorent la structure du sol et aident à y contrôler plusieurs pathogènes. Leurs pailles constituent un apport important en matière organique humifiable.

TABLEAU 5

PRINCIPAUX ENGRAIS VERTS
UTILISABLES EN ROTATION AVEC LA POMME DE TERRE

Espèce	Famille	Taux de semis (kg/ha)	Utilisation	Remarques
Agrostis blanc	graminée		c. pleine saison seul ou mélangé	Améliore le rendement et la qualité des tubercules; utilisé seul ou en mélange avec le trèfle alsique.
Avoine	graminée	100 à 120	culture dérobée c. pleine saison	Favorise la structure du sol; aide à contrôler la rhizoctonie.
Canola et colza	crucifère	8 à 10	culture dérobée c. pleine saison	Plante vigoureuse à racine pivotante; apport important de matière organique.
Millet japonais	graminée	20 à 25	c. pleine saison	Apport important en matière organique humifiable
Moutarde blanche	crucifère	6 à 8	culture dérobée	Plante vigoureuse à racine pivotante; étouffe les mauvaises herbes et décompacte le sol; envahissante si on la laisse venir en graine.
Orge	graminée	100 à 120	culture dérobée c. pleine saison	Peut augmenter les problèmes de gale.
Phacélie	hydrophyllacée	15	c. pleine saison seul ou mélangé	Croissance rapide, améliore le taux de phosphore assimilable, très mellifère.
Pois fourrager	légumineuse	170	c. pleine saison seul ou mélangé	Surtout utilisé en mélange avec vesces, féveroies et avoine.
Radis fourrager ou huileux	crucifère	8 à 10	culture dérobée	Plante très vigoureuse à racine pivotante; étouffe les mauvaises herbes et décompacte le sol.
Ray-grass	graminée	25 à 35	culture dérobée c. pleine saison	Implantation rapide, adapté à tous les types de sol.
Sarrasin	polygonacée	70	c. pleine saison	Pouvoir désherbant très intéressant; on doit attendre 45 jours après l'enfoncissement avant de semer.
Seigle	graminée	100 à 120	c. pleine saison culture dérobée	Améliore la structure du sol; le nettoie des pathogènes; augmente les rendements de pommes de terre.
Trèfle rouge	légumineuse	4 à 8 10	culture associée c. pleine saison	Tolère les sols acides; bon établissement en association avec les céréales.
Trèfle alsique	légumineuse	6 à 8	culture associée	Préfère les sols frais et humides, tolère l'acidité.
Vesce velue	légumineuse	25 15 (mélange)	c. pleine saison seul ou mélangé	Craint les sols légers et secs, tolère les sols acides; excellente fixatrice d'azote.

HYDROPHYLACÉES : La phacélie a un système racinaire très important et ramifié qui retient fortement le sol. Elle tolère plusieurs types de sol, mais préfère les sols légers. Elle est souvent considérée comme une plante nematicide et attire un grand nombre d'insectes auxiliaires (syrphides, carabes, trichogrammes). Elle est cependant chère à ensemencer.

LÉGUMINEUSES : Elles utilisent l'azote atmosphérique et le transforment en azote organique qui sera rapidement disponible à la culture suivante. Une certaine partie de cet azote est aussi disponible aux cultures qui leur sont associées durant la saison.

POLYGONACÉES : Le sarrasin est reconnu pour sa capacité à combattre les adventices non seulement en les étouffant, mais aussi par les substances qu'il dégage lors de sa décomposition et qui empêchent la germination des graines de mauvaises herbes. C'est pourquoi il faut attendre 45 jours avant de réensemencer après son enfouissement. C'est une espèce à croissance rapide qui a la capacité d'extraire des minéraux insolubles en terre pauvre.

Les engrains verts en culture dérobée sont les plus fréquemment ensemencés au Québec. La plupart sont de la famille des crucifères (moutarde blanche, radis huileux, canola, etc.), car celles-ci ont une croissance rapide et se développent bien sous les conditions fraîches et humides de la fin de l'été.

Le seigle d'automne est aussi une excellente espèce à utiliser comme engrain vert en culture dérobée. Il est résistant aux gels hâtifs; son système racinaire se

EXEMPLES D'ASSOCIATION D'ENGRAIS VERTS AVEC LEUR TAUX DE SEMIS

Avoine (79 kg/ha) - pois Lenca (34 kg/ha) - vesce (22 kg/ha)

Avoine (100 kg/ha) - pois (50 kg/ha)

Seigle (100 kg/ha) - vesce (10 - 25 kg/ha)
La vesce est semée à la volée, au printemps, quand la céréale a environ 10 cm de hauteur (5 à 6 feuilles).

Phacélie (8 kg/ha) - sarrasin (40 kg/ha)

DATES DE SEMIS POUR LES CULTURES DÉROBÉES

Légumineuses

avant le 15 août pour le centre et le sud du Québec;
le 1^{er} août au plus tard pour l'est du Québec

Crucifères

du début à la mi-août

Céréales

avant le 1^{er} septembre

Seigle ou blé d'automne

avant le 15 septembre

Phacélie

du début à la fin août pour le centre et le sud du Québec; le 15 août au plus tard pour l'est du Québec

Source : Lemay M. (1994)

développe rapidement, ce qui assure une très bonne protection du sol. De plus, il est un excellent précédent à la pomme de terre, car il nettoie le sol des pathogènes.

Dans le cas d'une rotation incluant une prairie de trèfle, la dernière coupe n'est pas prélevée, mais enfouie comme engrain vert l'année précédant la pomme de terre. Le mélange des espèces à prédominance de légumineuses que constitue la prairie à base de trèfle est un excellent conditionneur de sol et fournira une bonne quantité de l'azote nécessaire à la pomme de terre.

L'engrain vert de pleine saison sera utilisé pour préparer de nouvelles terres ou encore pour reconditionner une terre épuisée et endommagée. On doit l'enfouir avant la formation des grains. Il faudra peut-être semer un engrain vert dérobé par la suite afin de ne pas laisser le sol nu trop longtemps.

Enfouissement

Principes à respecter

1. Enfouir l'engrain vert suffisamment longtemps (au moins 2 semaines) avant le semis ou la plantation de la culture suivante. Il pourrait y avoir un effet dépressif à la suite d'un apport de matières organiques fraîches, causé par :

- une confiscation momentanée de l'azote pour la dégradation des matériaux plus ligneux;
- un antagonisme entre la microflore de décomposition et la microflore symbiotique qui entoure les racines et facilite l'absorption des nutriments.

2. Favoriser la décomposition rapide de l'engrais vert par :

- une incorporation superficielle des résidus;
- une richesse suffisante en azote;
- la présence d'activateurs (phosphate, carbonate de calcium et magnésium, compost).

La décomposition et la minéralisation du matériel se feront plus ou moins rapidement selon sa nature et sa maturité. En règle générale, on cherchera à produire un matériel vert et tendre, rapidement minéralisable, qui produira peu d'humus mais fournira de bonnes quantités de nutriments aux plantes et aux organismes du sol.

Il est recommandé d'enfouir partiellement l'engrais vert par un passage de chisel peu profond ou par la herse à roulette lorsque le sol aura atteint une température inférieure à 10 °C, à l'automne (vers la mi-octobre), au lieu de pratiquer un labour profond. Les résidus laissés en surface par cet enfouissement partiel protégeront le sol contre l'érosion. Cependant, si on fait face à un problème de mauvaises herbes ou encore si on a utilisé le seigle d'automne avant une culture de pomme de terre, un labour peu profond, jeté à plat, permet de bien détruire la végétation tout en ameublissant le sol.

Quelques passages de cultivateur au printemps suivant, avant la plantation des pommes de terre, aérera et mélangera les matières végétales enfouies à l'automne précédent, stimulant leur décomposition par les micro-organismes du sol. On peut aussi attendre au printemps pour enfouir les engrains verts, surtout si les conditions sont trop humides pour travailler le sol à l'automne ou si on a utilisé des espèces qui seront détruites par le gel. Le sol restera sous couvert végétal plus longtemps.

PHOSPHORE

Phosphate de roche

Le phosphate de roche est disponible sous deux appellations : le phosphate naturel et le phosphate colloïdal. Pour être efficace, le phosphate de roche doit être finement moulu. Il peut provenir de différentes parties du globe et n'aura ni la même granulométrie, ni la même dureté, ni la même valeur fertilisante d'une provenance à l'autre. Le phosphate naturel de Tunisie est, au moment où nous écrivons ces lignes, le plus tendre donc celui où le phosphate est le plus disponible. Il dose 25% P_2O_5 total (0-25-0) et contient 7% de P_2O_5 disponible.

QUANTITÉ DE PHOSPHATE DE ROCHE À APPLIQUER

à l'étable

300 g à 500 g / jour / unité animale
200 g / jour / m^2 dans les étables à veaux
100 g / jour / m^2 dans les bergeries et porcheries

dans le compost

10 à 40 kg/tonne de fumier

sur le sol

1 tonne/hectare

Le phosphate colloïdal est un résidu de l'exploitation des gisements de roche phosphatée. Il contient environ 18% de P_2O_5 total (0-18-0), dont 2% sont disponibles.

Le phosphate de roche n'est pas soluble à l'eau, mais le fumier et les micro-organismes du sol contribuent à le dissoudre et à rendre disponible le phosphore qu'il contient. On privilégiera l'application du phosphate de roche à l'étable. Cependant, les producteurs maraîchers doivent très souvent s'approvisionner à l'extérieur en fumier à composter, n'ayant pas de production animale sur leur ferme. Dans ce cas, le phosphate de roche sera incorporé aux matériaux à composter au moment de la mise en andain. En dernier lieu, il pourra être appliqué sur le sol immédiatement sous l'application de compost à raison d'une dose maximale de 1 tonne/hectare.

Le phosphate de roche contient aussi près de 33% de calcium dont il faut tenir compte dans l'évaluation de nos apports. Le phosphate naturel est peu efficace dans les sols dont le pH est supérieur à 6,0, car il faut une certaine acidité pour solubiliser cette forme de phosphore. Dans le cas des sols dont le pH est supérieur à 6,0, on doit soit l'incorporer au fumier, soit faire travailler les engrains verts. L'utilisation du trèfle à l'intérieur d'une rotation rend la fertilisation à base de phosphate naturel plus efficace. Les légumineuses ont un effet acidifiant sur le sol et ont la faculté de dissoudre les minéraux phosphatés. Les crucifères, quant à elles, prélevent de bonnes quantités de phosphore généralement non disponible et le transforment en phosphore assimilable.

Seule une faible proportion du phosphore contenu dans le phosphate de roche est disponible la première année. Le reste le deviendra par l'activité des micro-organismes

et des plantes au cours des années suivantes et constituera une réserve qui pourra durer de 5 à 10 ans.

Poudre d'os

La poudre d'os est une source de phosphore d'origine animale. Elle est plus riche en P_2O_5 que le phosphate de roche, et le phosphore y est plus disponible. Elle contient 2% d'azote et de 11 à 22 % de P_2O_5 disponible. La poudre d'os pourra être utilisée sur de petites superficies en début de culture maraîchère ou pour des sols en voie de transition à l'agriculture biologique, ou encore pour ceux dont le pH est près de la neutralité (7,0). En règle générale, elle ne sera pas utilisée sur de grandes superficies, car elle est très coûteuse.

Potassium

Le compost à base de fumier animal est la source de potassium à privilégier. Le potassium étant très sensible au lessivage, le compost doit être protégé de la pluie et des eaux de la fonte des neiges. Le producteur qui fait face à une carence chronique en potassium pourrait utiliser des fumiers très riches en cet élément pour faire son compost. Par exemple, les fumiers de volailles, de moutons et de chèvres contiennent environ trois fois plus de K_2O que les fumiers de bovins.

Le sulfate de potassium et de magnésium et le sulfate de potassium peuvent être utilisés en agriculture biologique lorsque des analyses de sol indiquent une carence en cet élément. Le sulfate de potassium et de magnésium (Sul-Po-Mag) provient d'un minéral (le langbénite) broyé et ne subit aucun autre traitement. Il contient 22 % de K_2O et 11 % de Mg. Quant au sulfate de potassium, seul le produit minier est accepté. Il

contient environ 50% de K_2O et 1,2 % de Mg. Il sera utilisé pour corriger une carence en potassium lorsque le magnésium est à un niveau suffisant. Certains organismes de certification ne l'acceptent que pour les productions en serre. Par ailleurs, il semble que tout le sulfate de potassium vendu au Québec proviendrait de gisements naturels et que le seul traitement qu'il subit est un broyage mécanique. Ce sera à chaque producteur de vérifier auprès de son fournisseur et de son organisme de certification, s'il y a lieu.

Le basalte (3,6 % K_2O et 5,5 % Mg) et la glauconite (7 % K_2O et 18 % Mg), quant à eux, libèrent peu de potassium et fournissent du magnésium en plus ou moins grande quantité. Ils peuvent être utilisés pour combler des besoins en potassium si les carences en magnésium sont importantes.

La cendre de bois est riche en potassium, mais elle a aussi un pouvoir alcalinisateur très important dont il faut tenir compte. Sa teneur en éléments minéraux et son pouvoir alcalinisateur seront fonction du bois dont elle est issue et de la façon dont elle a été obtenue (poêle domestique ou brûleur industriel). Il est possible d'effectuer un lessivage de la cendre pour diminuer son pouvoir alcalinisateur. Il suffit de la faire tremper dans de l'eau pendant trois jours pour extraire près de 70% du potassium qu'elle contient. Si le trempage dure plus longtemps, peu de potassium supplémentaire sera dissout, mais le pouvoir alcalinisateur, lui, sera augmenté.

Le tableau 6 résume les valeurs fertilisantes des principaux engrains minéraux utilisés en agriculture biologique. Il est à noter que tous ces fertilisants contiennent des oligo-éléments en plus ou moins grande quantité.

T A B L E A U 6
COMPOSITION MINÉRALE
DES PRINCIPAUX FERTILISANTS PHOSPHATÉS ET POTASSIQUES

Fertilisants	N total (%)	P_2O_5 disponible (%)	K_2O (%)	Calcium (%)	Magnésium (%)
Basalte			3,6	3	3,3
Cendre (valeur moyenne)		1,8	5,5 à 10	23,3	2,2
Glauconite			7		18
Phosphate naturel	0	3 à 7		33	
Phosphate colloïdal	0	2		27	0,2
Poudre d'os	2 à 4,5	11 à 22		20 à 25	
Sulfate de potassium			50		1,2
Sul-Po-Mag			22		11

Calcul du bilan prévisionnel de la fertilité

La matière organique, les engrains verts, les composts contribuent à rendre le sol fertile et apte à produire un bon rendement de pommes de terre de qualité. Il est utile d'analyser les apports de chacun afin de vérifier s'ils seront suffisants pour combler les besoins de la pomme de terre.

Une des meilleures façons de vous expliquer comment faire les différents calculs est de vous donner un exemple. Pour éviter toute confusion, les données se rapportant à l'exemple seront en italique.

APPORT DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL

La quantité d'azote fournie par le sol est complexe à évaluer, car elle dépend de plusieurs facteurs tels les caractéristiques du sol, l'activité biologique, les conditions climatiques, l'arrière-effet des engrains organiques, etc.

Une méthode très approximative consiste à calculer que chaque pourcentage (%) de matière organique au-dessus de 3% fournit 15 kg/ha d'azote (N). Par exemple, si votre analyse indique un taux de 5% de matière organique, votre sol minéralisera environ 30 kg/ha d'azote au cours de l'été.

La fourniture d'azote d'un sol au moyen des coefficients de minéralisation (K_2) est une méthode un peu plus précise, car elle tient compte du type de sol et des cultures. Les coefficients de minéralisation seront faibles dans les sols lourds et compactés (0,8 à 1%), moyens dans les loams et les argiles structurées (1,2 à 1,5%), et élevés dans les sables (2 à 2,5%). De plus, le coefficient K_2 sera faible dans les prairies alors qu'il sera élevé dans les cultures sarclées.

**EN CULTURE
DE POMME DE TERRE,
AU QUÉBEC,
LE COEFFICIENT
DE MINÉRALISATION K_2
EST ESTIMÉ À 1,5 %.**

Pour calculer la fourniture d'azote de notre sol, l'analyse de ce dernier devrait indiquer le pourcentage d'azote (N) total. Lorsque cette information n'est pas disponible, on peut calculer la teneur en azote d'un sol à partir de son rapport C/N et du taux de matière organique (M.O.) en utilisant la formule suivante :

$$\% \text{ N} = \frac{\text{M.O.} (\%)}{\text{C/N} \times 1,724}$$

Exemple

$$\frac{5 \%}{12,4 \times 1,724} = 0,23 \% \text{ N total}$$

(C/N moyen des sols au Québec : 12,4)

Sachant que : $\% \times 10\ 000 = \text{ppm}$,
et que $\text{ppm} \times 2,24 = \text{kg/ha}$,
on évalue l'azote qui sera minéralisé au cours de la saison de cette façon :

$$\% \text{ N} \times 10\ 000 \times 2,24 \times K_2 = \text{kg/ha N minéralisé}$$

Exemple

$$\begin{aligned} 0,23\% \text{ N} \times 10\ 000 \times 2,24 &= 5\ 152 \text{ kg/ha} \\ \text{de N dans notre sol dont } 1,5\% (K_2) \text{ seront minéralisés;} \\ \text{soit : } 5\ 152 \times 1,5\% &= 77 \text{ kg/ha} \\ \text{de N minéralisé au cours de la saison.} \end{aligned}$$

Compte tenu que la culture de pomme de terre est en rangée et que toute la surface du sol ne sera pas occupée par les racines, on estime qu'approximativement 75% de cet azote minéralisé sera disponible à la culture, soit : $77 \text{ kg/ha} \times 75\% = 58 \text{ kg/ha N}$

AZOTE RÉSIDUEL

Les recherches tendent à démontrer que l'azote minéral disponible à l'automne ne sera pas entièrement lessivé et qu'une partie sera disponible au printemps suivant. On peut connaître la teneur du sol en azote minéral résiduel

**ON PEUT TENIR
COMPTE D'UNE VALEUR
APPROXIMATIVE DE
10 KG/HA D'AZOTE
MINÉRAL RÉSIDUEL
SI AUCUNE ANALYSE
NE VIENT COMPLÉTER
NOTRE ÉVALUATION.**

en prenant un échantillon, tôt au printemps, dont on analysera la teneur en nitrate. On peut retrouver de 5 à 20 ppm d'azote minéral résiduel au printemps, dont on estime que le coefficient d'utilisation sera de 50%.

Par exemple, si votre sol contient 10 ppm d'azote minéral au printemps, il y aura :
 $10 \text{ ppm N} \times 2,24 \times 50\% = 11,2 \text{ kg/ha N}$
de disponible pour la culture.

APPORT DES ENGRAIS VERTS

Pour évaluer avec justesse l'apport en éléments fertilisants des engrais verts, ceux-ci doivent être échantillonnés et analysés (voir l'encadré pour la méthode d'échantillonnage des engrais verts). Cependant, si l'échantillonnage n'a pu se faire, vous pouvez vous guider à partir du tableau 7, qui donne des moyennes de certains éléments contenus dans les parties aériennes de plusieurs engrais verts ensemencés en fin d'été. Vous pourrez avoir ainsi une approximation de l'apport de votre engrais vert. Cependant, la croissance de ces engrais verts et, par conséquent, leur contenu en éléments nutritifs dépend de la fertilité du sol dans lequel ils sont ensemencés, des conditions climatiques et de la période de croissance. Il est donc nettement préférable d'échantillonner vos propres engrais verts.

Calcul de l'apport fait par les engrais verts

Imaginons que vous avez échantillonné votre prairie de trèfle vers le début d'octobre et que.....

Vos 3 m² de matière fraîche pèsent 8,8 kg; la biomasse verte de votre champ est donc de :

$$8,8 \text{ kg} / 3 \text{ m}^2 \times 10\,000 \text{ m}^2 / \text{ha} = 29\,333 \text{ kg/ha}$$

(1 ha = 10 000 m²)

*Vos résultats d'analyse vous indiquent :
m.s. 16,5%; N : 1,8%; P : 0,23%; K : 2,12%*

La valeur des éléments est en % de la matière sèche (m.s.); c'est pourquoi vous devez maintenant convertir le rendement du champ en kg/ha de matière sèche :

$$29\,333 \text{ kg/ha} \times 16,5\% \text{ m.s.} = \underline{4\,840 \text{ kg/ha de m.s.}}$$

MÉTHODE D'ÉCHANTILLONNAGE DES ENGRAIS VERTS

Peu de temps avant l'enfouissement, prélever 3 échantillons de 1 m², au hasard dans le champ, aux endroits les plus représentatifs. Couper les parties aériennes à ras le sol. Ne pas prendre les racines ni le sol. Peser le matériel frais et noter le poids. Pour connaître le poids du matériel frais, peser le sac plein, le vider et peser le sac vide. Soustraire le poids du sac vide de votre première pesée; vous aurez alors le poids du matériel frais. Remplir ensuite les 3/4 d'un sac de plastique de grosseur moyenne avec une partie du matériel frais et bien mélangé pour l'envoyer aussitôt au laboratoire d'analyse (il ne faut pas que la décomposition commence ni que le matériel perde son humidité). Faire analyser les paramètres suivants : % de matière sèche, rapport C/N, N, P, K, Ca, Mg et B.

Vous pouvez faire sécher votre matériel avant de l'envoyer au laboratoire d'analyse et ainsi éviter qu'il ne se détériore avant de parvenir au laboratoire. Peser une certaine quantité de matériel frais (environ 50 g), le noter et de le faire sécher au four à micro-ondes par périodes de 60 à 90 secondes à intensité maximale, en incluant un petit verre d'eau. Brasser le matériel et refaire sécher. Lorsque le matériel semble sec, le peser, remettre au four à micro-ondes et repeser; répéter jusqu'à ce que le poids ne change plus.

Calculer le % de matière sèche comme suit :

$$\frac{\text{poids du matériel sec} \times 100}{\text{poids du matériel frais}}$$

TABLEAU 7

QUANTITÉ D'ÉLÉMENTS CONTENUS DANS LES PARTIES AÉRIENNES DE QUELQUES ENGRAIS VERTS D'AUTOMNE

Espèce	Rendements matière sèche (t/ha)	N	Prélèvements par les parties aériennes (kg/ha)		
			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Avoine	3,2 - 4,1	89 - 108	37 - 46	174 - 275	
Colza (canola)	2,4 - 5,1	70 - 170	27 - 69	134 - 329	
Moutarde blanche	1,9 - 5,5	89 - 200	30 - 55	144 - 300	
Phacéllie	1,4 - 2,8	47 - 109	23 - 57	73 - 222	
Radis huileux	2,4 - 5,3	75 - 200	30 - 66	122 - 283	
Seigle d'automne	2,4 - 2,5	77 - 99	27 - 39	104 - 155	
Vesce	1,7 - 5,0	78 - 185	15 - 35	58 - 155	

Source : Millette, 1992 et Jobin et Douville, 1997.

Vous pouvez maintenant évaluer la quantité de chaque élément contenu dans votre engrais vert.

$$N : 1,8\% \times 4840 \text{ kg/ha} = 87 \text{ kg/ha}$$

$$P : 0,23\% \times 4840 \text{ kg/ha} = 11 \text{ kg/ha}$$

$$K : 2,12\% \times 4840 \text{ kg/ha} = 103 \text{ kg/ha}$$

Tous ces éléments ne sont pas disponibles la première année. Le tableau 8 nous donne les coefficients d'efficacité (valeur fertilisante) des principaux éléments fournis par les engrais verts.

TABLEAU 8
COEFFICIENTS D'EFFICACITÉ
DES ENGRAIS VERTS

N (%)	P (%)	K (%)
50	80	100

Source : A. Brunelle (1990)

Valeur fertilisante des éléments de notre exemple :

$$N : 87 \times 50\% = 44 \text{ kg/ha}$$

$$P : 11 \times 80\% = 8,8 \text{ kg/ha}$$

$$K : 103 \times 100 \% = 103 \text{ kg/ha}$$

Vous avez donc un total de 112 kg/ha d'azote (44 kg/ha fournis par l'engrais vert, 10 kg/ha d'azote résiduel et 58 kg/ha fournis par la matière organique) qui seront rendus disponibles lors de la minéralisation par les micro-organismes.

La pomme de terre demande entre 125 et 175 kg/ha de N selon les variétés et la destination de la récolte. Le compost devra fournir la différence.

APPORT DU COMPOST

Votre compost doit être analysé pour en connaître la valeur fertilisante. Les matériaux de base et la maturité du compost vont varier d'une fois à l'autre, et la seule façon de savoir ce que vous avez entre les mains, ce que vous appliquez sur votre sol, c'est de le faire analyser.

Les éléments nutritifs du compost ne sont pas disponibles à 100% la première année. Quoique l'on ne connaisse pas encore avec précision les coefficients d'ef-

ficacité du compost, on pense qu'ils devraient être très semblables à ceux du fumier pailleux en ce qui concerne le phosphore et le potassium. Quant à l'azote, sa minéralisation est très variable selon les conditions climatiques, les types de sol et les types de compost. Le tableau 9 nous indique les coefficients d'efficacité moyens pour un compost à base de fumier de bovin.

TABLEAU 9

COEFFICIENTS MOYENS DES ÉLÉMENTS FERTILISANTS D'UN COMPOST À BASE DE FUMIER DE BOVIN

N (%)	P (%)	K (%)
20	65	80 à 100

Note : pour le K, utiliser le plus faible pourcentage lorsque le niveau de fertilité du sol est faible.

Source : adapté de Grilles de référence en fertilisation, CPVQ, 1996 et R. Robitaille (1998)

Dans le cas du compost, il n'y aura sans doute pas de pertes d'azote dues à la période d'épandage, car celui-ci est lié à la matière organique. Cependant, il peut y avoir des pertes de phosphore et de potassium dues à la rétention, à la fixation ou au lessivage. Le tableau 10 donne les facteurs de division permettant de calculer les pertes de P et K en fonction des dates d'épandage.

TABLEAU 10

FACTEURS DE DIVISION À UTILISER DANS LE CALCUL DES PERTES D'EFFICACITÉ DE P ET K LIÉES À LA DATE D'ÉPANDAGE

Période d'épandage	P		K
	Sable	Autres sols	
Printemps-été	1	1	1
Automne	1,6	1,4	1,1

Source : Grilles de référence en fertilisation, CPVQ, 1996

Comme on évalue nos apports en fonction d'une culture de pomme de terre qui suit une culture d'engrais vert et une application de compost, on considère que ce dernier a été appliqué à l'automne. De plus, on suppose que le potassium du compost est entièrement recyclé dans l'engrais vert; ils ne s'additionnent donc pas.

Continuons notre exemple.

Votre compost a été analysé et il dose :

N : 8,21 kg / tonne

P : 4,80 kg / tonne

K : 3,05 kg / tonne

La variété que vous prévoyez cultiver nécessite 150 kg/ha d'azote. Votre engrais vert, la matière organique et votre sol fournissent 112 kg/ha de N (tel que calculé précédemment). Il reste donc à fournir 38 kg/ha d'azote par le compost.

Quantité de compost à appliquer pour avoir 38 kg/ha N

Coefficient d'efficacité 20% :

$$38 \text{ kg/ha} \div 20\% = 190 \text{ kg/ha}$$

L'analyse indique que le compost contient

8,21 kg/tonne de N

$$\text{Quantité à appliquer : } 190 \text{ kg/ha} \div 8,21 \text{ kg/t} = 23 \text{ t/ha}$$

Vous appliquerez donc 23 tonnes de compost par hectare pour vous assurer de fournir 150 kg/ha d'azote à vos pommes de terre. Le compost apportera aussi des quantités non négligeables de P, K, Ca, Mg et plusieurs oligo-éléments.

$$P : 23 \text{ t/ha} \times 4,8 \text{ kg/t} \times 65\%^1 \div 1,6^2 = 45 \text{ kg/ha}$$

$$K : 23 \text{ t/ha} \times 3,05 \text{ kg/t} \times 100\%^1 \div 1,1^2 = 64 \text{ kg/ha}$$

¹ Coefficient d'efficacité

² Facteur de division - automne

L'idéal maintenant est de mettre tous ces résultats dans un même tableau pour avoir une vue d'ensemble.

T A B L E A U 1 1
SOMMAIRE DES APPORTS DE L'EXEMPLE

Appart	N (kg/ha)	P (kg/ha)	K (kg/ha)
Matière organique	58	-	-
Azote résiduel printemps	10	-	-
Engrais vert	44	9	103
Compost (23 t/ha)	38	45	64*
Total	150	54	103

* On suppose que 100% du compost est recyclé dans l'engrais vert

N'oubliez pas que 54 kg/ha de P équivaut à 124 kg/ha de P_2O_5 et que 103 kg/ha de K équivaut à 124 kg/ha de K_2O . Ces valeurs sont adéquates si votre sol a une bonne fertilité (voir la grille de fertilisation et les équivalences à l'annexe 1).

Suivi des nitrates

Il est possible de connaître assez justement la disponibilité de l'azote tout au long de la saison en analysant la teneur du sol en azote sous forme nitrate ($N-NO_3$). L'échantillonnage du sol est fait sur une profondeur de 0 à 30 cm à plusieurs endroits dans le champ. La terre est ensuite mélangée et émiettée pour en obtenir un matériel homogène dont on prélève un échantillon que l'on fait sécher aussitôt que possible pour minimiser la transformation des nitrates. Pour ce faire, on peut soit étendre la terre sur un papier journal, dans un endroit chaud, pendant une douzaine d'heures, soit l'étendre sur une tôle à biscuits et la mettre dans un four chauffé de 93 à 107 °C (200 à 225 °F). Reste ensuite à la faire analyser par un laboratoire d'analyse de sol. Il y a aussi, sur le marché, des ensembles d'analyse pour les nitrates très valables, avec lesquels vous pouvez faire l'analyse vous-même et suivre l'évolution des nitrates dans votre sol.

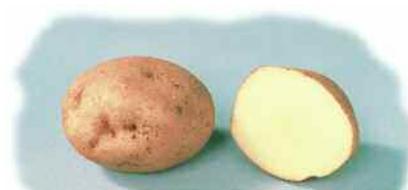
On évalue que, lorsque le sol contient plus de 25 ppm de $N-NO_3$ au moment de la plantation et entre 20 et 25 ppm de $N-NO_3$ lors du grossissement des tubercules, l'azote est en quantité suffisante pour la croissance des pommes de terre.

L'évolution des nitrates a été suivie pendant deux années consécutives par le Centre d'agriculture biologique de La Pocatière dans des champs en production biologique de pommes de terre. Une rotation de trois ans (céréale grainée-prairie de trèfle-pomme de terre), un apport de compost l'année précédant la pomme de terre et l'enfouissement de la dernière coupe de la prairie ont été pratiqués tels que décrit dans le présent guide. Les analyses de sol ont clairement démontré que cette forme de gestion de la production peut fournir suffisamment d'azote tout au long de la saison. Le niveau des nitrates a augmenté rapidement en début de saison pour ensuite redescendre graduellement au fur et à mesure que les plants grossissaient et absorbaient l'azote disponible. Il s'est stabilisé entre 15 et 20 ppm vers la fin floraison, et ce, pour toute la période du grossissement des tubercules.

POMMES DE TERRE DU QUÉBEC

LES VARIÉTÉS CULTIVÉES

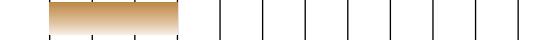
RONDES BLANCHES



ERAMOSA (Primeur)



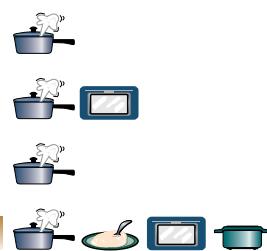
AC BELMONT (Primeur)



SUPERIOR



KENNEBEC



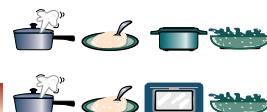
ROUGES



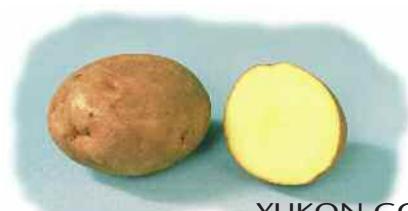
NORLAND



CHIEFTAIN



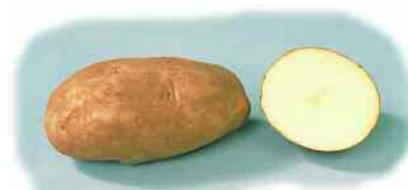
CHAIR JAUNE



YUKON GOLD



LONGUES



HILITE RUSSET



SHEPODY



UTILISATION

TYPE DE CUISSON



PLANCHE COULEUR 2

Léon Tartier, MAPAQ



Symptômes de mildiou à la face inférieure
d'une feuille de pomme de terre

Léon Tartier, MAPAQ



Symptômes de mildiou à la face supérieure
d'une feuille de pomme de terre

Bernard Drouin, MAPAQ



Grappe d'œufs de doryphore

Bernard Drouin, MAPAQ



Larve de doryphore, dernier stade

Bernard Drouin, MAPAQ



Doryphore adulte, très jeune

Bernard Drouin, MAPAQ



Pucerons de la pomme de terre
(*Macrosyphum euphorbiæ*)

Ravageurs

Alliés

Bernard Drouin, MAPAQ



Coccinelle maculée (*coleomegilla maculata*)
au stade larvaire



Coccinelle maculée (*coleomegilla maculata*)
adulte

Bernard Drouin, MAPAQ

Punaise masquée
(*perillus bioculatus*)
au stade pré-adulte



Conrad Cloutier, Université Laval

Conrad Cloutier, Université Laval



Punaise masquée (*perillus bioculatus*) adulte
suçant une larve de doryphore

Potato Health Management, APS Press



Lebia grandis attaquant
une grappe d'œufs de doryphore



Punaise à ventre taché (*podisus maculiventris*)

MG, MAPAQ



Plantes-abris

De gauche à droite et de haut en bas :

- 1 Papillon monarque sur une tige de menthe (*Photo Roll Grenier*)
- 2 Ancolie vulgaire — *Aquilegia vulgaris* (*Photo Roll Grenier*)
- 3 Amélanchier — *Amelanchier canadensis* (*Photo Roll Grenier*)
- 4 Kalmia — *Kalmia augustifolia* (*Photo Roll Grenier*)
- 5 Tanaisie — *Tanacetum vulgare* (*Photo Roll Grenier*)
- 6 Lobélie cardinale — *Lobelia cardinalis* (*Photo Steven Still*)
- 7 Épervière orangée — *Hieracium aurantiacum* (*Photo Roll Grenier*)
- 8 Rudbeckie — *Rudbeckia hirta* (*Photo Steven Still*)

PRODUCTION

Choix des semences

Au Québec, la Superior, la Chieftain et la Kennebec sont les variétés les plus cultivées. Il y en a de nombreuses autres. En fait, plus de 150 variétés sont présentement enregistrées au Canada. Les variétés de mi-saison à tardives sont tout indiquées pour la conservation tandis que les variétés très hâties seront préférées pour la vente de primeur et la consommation immédiate. Si vous choisissez des variétés de mi-saison ou des variétés tardives, vous devez prendre en considération qu'il faudra probablement les défaner, c'est-à-dire détruire le feuillage, de deux à trois semaines avant la récolte, car elles n'ont souvent pas le temps de parvenir à maturité sous notre climat. Par ailleurs, il peut être intéressant de récolter tôt une certaine partie de la production, car les prix pour les pommes de terre de primeur sont souvent meilleurs que ceux obtenus lors de la période de récolte intensive.

Il est fortement recommandé de vous procurer de la semence certifiée (classes ELITE, FONDATION ou CERTIFIÉ). Les semences de pomme de terre sont produites de façon végétative, c'est-à-dire qu'on utilise les tubercules produits une année pour ensemencer la production de l'année suivante. Les virus et les bactéries sont ainsi transmis de tubercule mère à tubercules filles. Comme plusieurs maladies s'attaquent aux pommes de terre, plus elles auront été reproduites en champ, plus elles courront de risques d'avoir contracté des maladies. De plus, si vous tranchez les tubercules pour votre plantation et si ceux-ci sont infectés, vous multipilez par autant de plantons le nombre de plants qui seront infectés dans votre champ, mais aussi, vous avez infecté vos couteaux et vous transmettez ainsi la maladie aux tubercules sains.

Le système canadien de production de semences certifiées est reconnu dans de nombreux pays. Les semences de pomme de terre sont d'abord épurées au moyen de la thermothérapie et du prélèvement de méristème. Si les tests démontrent que les plantules sont exempts de maladies, ils sont propagés par microbouturage et culture en éprouvette. Par la suite, on procède à leur multiplication en serre. Tant que les plants n'ont pas été produits en champ, ils sont appelés plants nucléaires. La première récolte effectuée en champ devient PRÉ-ELITE, la deuxième ELITE I, et ainsi de suite jusqu'à ELITE IV, puis FONDATION et finalement CERTIFIÉ. Une semence de classe CERTIFIÉ a donc connu une culture en champ pendant 7 ans (à moins qu'elle ait été déclassée en cours de route). Les semences certifiées ne sont pas à l'abri des maladies, mais les inspecteurs de l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA)

surveillent les productions de près afin que celles-ci répondent aux normes.

Le tableau 12 donne une brève description de quelques variétés parmi les plus intéressantes.

Façons culturales

La plupart des techniques culturales utilisées en culture biologique de pommes de terre diffèrent peu de celles de l'agriculture conventionnelle. Le Guide de culture des pommes de terre du Conseil des productions végétales du Québec (CPVQ) est une excellente référence concernant ce sujet. Les techniques culturales seront abordées ici de façon assez sommaire afin que chacun puisse y trouver des données de bases qui pourront être complétées et approfondies en consultant le guide du CPVQ ou d'autres références.

PLANTATION

Il est préférable de planter les tubercules ronds afin d'éviter la propagation des maladies. La température du sol au moment de la plantation devrait être d'au moins 8 degrés Celsius à 10 cm de profondeur. Un sol plus froid ralentira la germination et favorisera la pourriture des plantons. Dans le cas de plantation de différentes variétés, il est conseillé de planter les variétés hâties deux semaines après la plantation des variétés semi-tardives. Ainsi, la récolte se fera en même temps pour toutes les variétés, et les températures seront plus fraîches au moment de la récolte, donc favorables à la conservation. Par contre, les variétés qui seront destinées à la vente de primeur seront mises en terre aussitôt que possible.

T A B L E A U 1 2
DESCRIPTION DE VARIÉTÉS DE POMMES DE TERRE

Variété	Maturité	Tubercules	Qualités culinaires	Caractéristiques
VARIÉTÉS DESTINÉES À LA VENTE DE PRIMEUR				
Ac Belmont	précoce	peau chamois et chair blanche, tubercule rond	bonne bouillie et cuite au four	résistante à la verticilliose et à l'enroulement, sensible au mildiou et à la gale commune
Eramosa	très précoce	peau chamois lisse et propre, chair blanche, tubercule ovale et semi-aplati	excellente bouillie à la récolte, passable cuite au four	résistante à la gale commune et à l'enroulement; sensible à la tache argentée
Jemseg	précoce	peau tan, chair blanche, belle apparence, tubercule oblong, doit être planté rond	bonne bouillie et cuite au four	résistante à plusieurs virus; modérément sensible à la gale commune; sensible au cœur creux et à l'enroulement
VARIÉTÉS BONNES POUR LA CONSERVATION				
Chieftain	mi-saison	rouge vif à chair blanche; tubercule ovale, belle apparence, se conserve bien; bonne aptitude au lavage à maturité	bonne à excellente bouillie; bonne pour les croustilles à la récolte, excellente pour les frites	résistante au mildiou, à la gale commune, à la verticilliose; sensible à l'enroulement et à la jambe noire
Hilite Russett	hâtive	peau roussetée, chair blanche, tubercule allongé, de belle apparence, se conserve bien jusqu'en mars	excellente bouillie et cuite au four	résistante à la gale commune; sensible à la brûlure alternarienne et au syndrome de mort précoce
Kennebec	mi-saison	peau chamois, chair blanche; nombreux et gros tubercules; excellente conservation sur une longue période	bonne à excellente bouillie, cuite au four, pour les frites et pour les croustilles	résistante au mildiou du feuillage et à la jambe noire, sensible au mildiou du tubercule, à la verticilliose et à la gale commune
Shepody	mi-saison	peau chamois, chair blanche; tubercule de forme allongée	très bonne bouillie et cuite au four; excellente pour les frites	sensible à la gale commune, au mildiou et à l'enroulement
Yukon Gold	mi-saison	peau blanc jaunâtre, chair jaune, de forme ovale, excellente pour la conservation	très bonne bouillie et cuite au four	très résistante au virus A; modérément résistante à l'enroulement; sensible à la gale commune
VARIÉTÉS BONNES POUR UNE COURTE CONSERVATION (DÉCEMBRE AU PLUS TARD)				
Caribe	précoce	peau lisse et bleutée, chair blanche; belle apparence, bonne conservation mais perd de sa couleur avec le temps	bonne bouillie, passable cuite au four, pour les frites et pour les croustilles	modérément résistante à la gale commune et à l'enroulement; sensible au mildiou
Norland	hâtive	peau rouge à chair blanche; s'adapte bien à divers types de sols, sensible à la sécheresse	très bonne bouillie et pour les frites; passable cuite au four	modérément résistante à la gale et à l'enroulement, sensible à la jambe noire et au mildiou
Superior	hâtive à mi-saison	peau crème, chair blanche; bien adapté à la récolte mécanique, tubercule rond de taille uniforme	bonne bouillie, passable cuite au four et pour les frites	Moyennement résistante à la gale commune; sensible à la jambe noire, au mildiou, à l'enroulement et la verticilliose

Précoce : moins de 80 jours

Hâtive : 75 à 90 jours

Mi-saison : 95 à 125 jours (parfois plus)

Préparation du sol

Les sols loameux et les sols argileux seront ameublis en profondeur par un labour ou un chisel à l'automne précédent, ce qui permettra de préserver la stabilité structurale. Au printemps, pour compléter la préparation du lit de semence, un ou deux hersages viendront mélanger les engrains verts et le compost, aérant le milieu et stimulant l'activité biologique. Les sols sableux, dans les régions où les conditions climatiques le permettent, profiteront d'un passage de chisel au printemps au lieu de l'automne; le sol sera ainsi plus longtemps sous couvert végétal.

Profondeur de plantation

Les tubercules sont plantés à 5 cm de profondeur, non pas au niveau du sol avec ajout de 5 cm de terre mais bien sous le niveau du sol. Ce dernier sera nivelé après la plantation; de cette façon, le planton sera moins sujet à souffrir de la sécheresse.

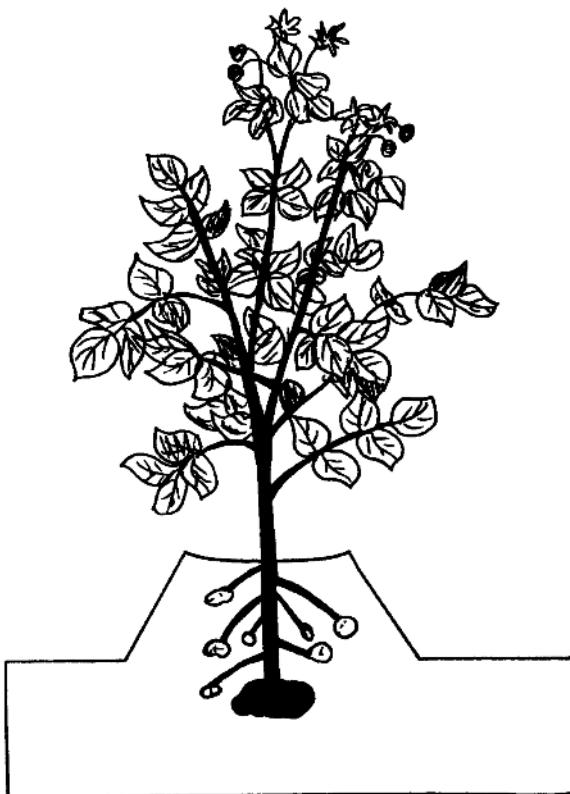
Distance de plantation

L'espacement le plus recommandé entre les rangs est de 91 cm. Il va sans dire que le producteur, tout en essayant de respecter cette norme, doit s'adapter à sa machinerie. La distance entre les plants sur le rang dépendra de la grosseur des plantons, de la variété et de la destination de la récolte. Par exemple, on plantera plus rapprochés les plantons destinés à la production semence, car on cherche à produire de petits tubercules. Par contre, on laissera suffisamment d'espace entre les plants pour la production de pommes de terre de consommation (généralement de 25 à 30 cm). Certaines variétés ont tendance à faire de gros tubercules sensibles au cœur creux; dans ce cas, on plantera plus serré sur le rang. En respectant les distances de plantation appropriées, le producteur optimise les rendements de ses cultures et assure une bonne couverture végétale qui protégera le sol contre l'érosion et réduira l'incidence des adventices.

BUTTAGE

Le buttage permet d'augmenter la couche de terre meuble autour des tubercules, ce qui les protège contre le verdissement, le mildiou et la gelée tout en facilitant l'arrachage. Le moment idéal pour cette opération est à l'apparition des boutons floraux, ce stade étant aussi celui du début de la tubérisation. Plus tôt, les stolons continuent de croître et on perd l'avantage du buttage; plus tard, la maturation des tubercules est retardée. Il est déconseillé de contrôler les adventices au moyen de

plusieurs buttages, car à chaque fois que l'on butte des plants en pleine croissance, les racines de surface sont coupées et la croissance est ralentie. Si on décide tout de même de faire plus d'un buttage, le dernier sera fait au plus tard à l'apparition des boutons floraux.



Le billon sera large à sa base et plat au sommet avec une légère dépression le long des tiges pour favoriser l'absorption de l'eau.

DÉFANAGE

Les variétés précoces et hâties ont le temps de parvenir à maturité sous notre climat, ce qui n'est pas toujours le cas pour les variétés semi-tardives. Le défanage consiste à détruire le feuillage pour accélérer la maturation des plants. Lorsque les plants sont parvenus à maturité, le feuillage jaunit et se dessèche pendant que les minéraux et les hydrates de carbone sont solubilisés et migrent vers les tubercules. Le poids des tubercules peut augmenter de 30% pendant cette période. Leur peau se durcit et s'épaissit, ce qui les protège des blessures mécaniques et de l'évapotranspiration excessive pendant l'entreposage. Le défanage sera aussi utilisé pour protéger la récolte d'un champ atteint par le mildiou ou encore pour arrêter le grossissement des tubercules. Il est effectué de 2 à 3 semaines avant la récolte.

De plus, le défanage facilite la récolte des variétés plus tardives, dont le feuillage abondant viendrait ralentir les opérations de récolte.

Brûleur au propane

Le brûleur au propane (ou rampe thermique) a été utilisé avec succès pour le défanage des pommes de terre autant en conditions expérimentales que commerciales. L'appareil n'est pas encore commercialisé au Québec mais pourrait l'être. Il suffit que les producteurs agricoles en manifestent l'intérêt. En effet, l'efficacité de l'appareil a été démontrée autant pour le défanage des pommes de terre que pour le contrôle des mauvaises herbes et des doryphores. Les prototypes de recherche ont une portée de six rangs où, malgré la puissance dégagée par les brûleurs (chaque brûleur dégage 500 000 BTU), le confort et la sécurité de l'opérateur ont été assurés.



Brûleur au propane

Défanage mécanique

La destruction mécanique des fanes peut être utilisée pour hâter la maturation des tubercules, mais elle n'est pas recommandée. En effet, les bouts de tiges et le feuillage laissés sur les rangs sont autant de sites possibles d'infestation et de propagation des maladies, en particulier du mildiou. Lorsque cette méthode est utilisée, il est préférable d'enlever le feuillage au lieu de le laisser sur le champ. Si aucun symptôme de mildiou n'est présent, il pourrait être composté avec d'autres déchets organiques; sinon, il serait préférable de le détruire, par le feu par exemple.

Alternatives

Il n'y a pas d'autre méthode inventoriée pour effectuer un défanage en culture biologique de la pomme de terre. Cependant, le Centre d'agriculture biologique prévoit faire des essais en ce sens avec deux produits : le sulfate de cuivre et la silice. Vous pouvez faire vous-même certains essais. Voici comment procéder pour faire l'essai avec la silice :

La silice est une substance bien connue en biodynamie. Serait-elle efficace pour défaner un champ de pomme de terre? L'expérience nous

renseignera à ce sujet. La silice intensifie les rayons solaires en créant une multitude de loupes microscopiques sur le feuillage. Elle sera pulvérisée par temps sec et ensoleillé pour faire l'effet d'un défanant. Elle peut être obtenue auprès des distributeurs d'intrants en agriculture biodynamique.

Récolte et entreposage

L'étape de la récolte est aussi importante pour la commercialisation des pommes de terre que l'étape de la production l'a été pour les rendements. Trop souvent, le producteur ensache un produit qui ne

répond pas aux critères de qualité exigés par les consommateurs. Il augmente considérablement ses coûts de production lorsqu'il doit trier et retrier afin de répondre aux demandes des transformateurs et des clients. Ce sont des milliers de dollars qu'il peut perdre à chaque

année à cause des blessures mécaniques excessives que les tubercules ont subies durant les opérations de récolte et d'entreposage. Cette dernière étape nécessite donc une gestion attentive des opérations et la sensibilisation du personnel à la vulnérabilité des tubercules.

Trois types de blessure peuvent survenir pendant ces opérations : des éraflures, des déchirures et des taches brunes internes. Les éraflures sont superficielles et vont se subérer rapidement si les conditions le permettent tandis que les déchirures sont parfois très profondes, ce qui altère grandement la qualité du tubercule. Les taches brunes internes ne sont pas visibles au moment de l'entreposage; elles résultent des chocs et des coups qu'aura subis le tubercule au cours des différentes étapes de la récolte. Chacune de ces blessures est une porte d'entrée aux organismes pathogènes; elles augmentent les risques de contamination de la récolte en entrepôt et diminuent la qualité de la production.

Un des premiers critères à observer pour une récolte de qualité est de ne récolter que lorsque les tubercules sont matures (sauf pour les récoltes de primeur). À maturité, la peau des tubercules est plus épaisse, ce qui les protège contre les blessures mineures et la contamination par les organismes pathogènes. On

Photo : Nicole Fraser

défanera les variétés qui n'auront pas encore atteint le stade de maturité de 2 à 3 semaines avant la récolte (voir section sur le défanage).

Le second critère est d'entreposer les tubercules dans des conditions adéquates. Avant la récolte, le producteur inspectera son système d'entreposage. Il doit nettoyer son entrepôt, le désinfecter et y faire l'entretien nécessaire en apportant une attention particulière aux portes. En effet, parce qu'elles sont beaucoup utilisées, les portes sont les parties qui nécessitent le plus souvent des travaux d'entretien.

Un troisième critère est de commencer la récolte avec une machinerie en bonne condition. Quoi de plus stressant pour un producteur pressé par le temps que d'avoir à faire des réparations en cours d'opération? Les véhicules et l'équipement auront été nettoyés et désinfectés pour ne pas que la nouvelle récolte soit contaminée par des organismes pathogènes de l'année précédente. Les compresseurs à eau chaude sont particulièrement efficaces pour ce travail. Ils seront ensuite inspectés, les pièces usées ou défectueuses seront remplacées et les lubrifications nécessaires seront effectuées. Tous les caoutchoucs enrobant les parties qui entrent en contact avec les tubercules doivent être vérifiés et, s'ils sont durcis ou fendus, ils seront remplacés, sinon ils ne pourront protéger les tubercules contre les chocs.

Toute l'équipe de travail doit être sensibilisée à la fragilité des tubercules. Ainsi, chacun travaillera en fonction d'un même objectif d'une récolte sans blessure. La manipulation des tubercules doit toujours

se faire avec précaution. Ils ne devraient jamais faire une chute de plus de 15 cm. Les gens ne doivent pas non plus marcher sur le tas de pommes de terre dans l'entrepôt. Lorsqu'il y a eu de la maladie au champ ou des dommages à cause du gel, les tubercules seront triés avant l'entreposage. Les pommes de terre ne devraient pas être récoltées lorsque les températures sont inférieures à 4 °C, car les tubercules sont plus sensibles aux chocs à basse température. De plus, lorsque l'écart entre la température du sol et celle de l'air est grand, les risques de fendillement sont plus élevés.

Au début de la période d'entreposage, on doit s'assurer d'une bonne ventilation à travers le tas pour permettre la subérisation des blessures, ce qui minimisera les pertes pendant l'entreposage. Cette période de subérisation est essentielle et dure environ 10 jours. L'humidité relative sera maintenue à 95 % et la température à 10 °C. Par la suite, la température sera ajustée en fonction de la destination de la récolte. Le tableau 13 donne les valeurs recommandées à cette fin.

TABLEAU 13

TEMPÉRATURE ET HUMIDITÉ RELATIVE
RECOMMANDÉES EN ENTREPÔT DE POMMES DE TERRE

Utilisation	Température (°C)	Humidité relative (%)
Semence	4-5	95
Table	7-8	95
Bâtonnets (frites)	7-10	95
Croustilles	10	90

Source : Pomme de terre, culture, CPVQ (1992)



PROTECTION

Adventices

La connaissance des adventices et de la dynamique écologique impliquée fourniront au producteur agricole des indices qui l'aideront à bien planifier ses stratégies de contrôle. En effet, les mauvaises herbes ne poussent pas toutes de la même façon, ni dans les mêmes sols, ni dans les mêmes cultures. De leur côté, les producteurs biologiques n'essaieront pas d'éliminer toutes les mauvaises herbes. Quelques-unes peuvent être tolérées en autant qu'elles n'affectent pas les rendements ni ne causent de problèmes aux opérations de récolte. Le producteur devra aussi veiller à ce qu'elles n'augmentent pas la banque de graines de mauvaises herbes du sol de façon excessive. Plusieurs annuelles vont produire d'énorme quantité de graines si on les laisse fructifier (l'amarante à racine rouge (*Amaranthus retroflexus*) produit 110 000 graines par plant), tandis que les graines de certaines variétés (la patience crêpue (*Rumex crispus*) par exemple) peuvent rester viables pendant plus de 80 ans.

Les mauvaises herbes ne sont pas toujours « mauvaises » : elles sont de bons indicateurs des conditions physiques et nutritives des champs et peuvent avoir un effet bénéfique sur le sol et l'environnement. Par exemple, certaines puisent en profondeur des minéraux généralement peu solubles et les remettent en circulation, d'autres vont décompacter le sol par leurs puissantes racines pivotantes; elles peuvent protéger le sol contre l'érosion, améliorer sa structure, absorber les minéraux lessivables, diversifier la microflore et la microfaune du sol et attirer un grand nombre d'insectes prédateurs. N'empêche qu'on ne peut pas les laisser compétitionner indûment les cultures.

Voici quelques exemples d'indicateurs des conditions du sol.

Compaction superficielle

Chiendent, liseron des champs, pissenlit, tussilage, marguerite, plantain, matricaire odorante.

Compaction profonde

Chardon des champs, asclépiade, liseron des champs, patience, pissenlit, amarante à racine rouge, bardane.

Sols très lourds

Tussilage

Sols acides

Petite oseille, potentille argentée, épervière orangée, épervière jaune, marguerite, renoncule, fougère, spargoute des champs, radis sauvage, fraisier.

Sols pauvres

Petite oseille, épervière, potentille argentée, silène enflée, spargoute des champs. La faiblesse, la pâleur et la petite taille des adventices sont aussi de bons indices.

Sols humides et mal drainés

Prèle, renoncule, menthe, roseaux, carex, renouée, poivre d'eau, phragmite.

Excès d'azote

Adventices de grandes dimensions et de couleur foncée, amarante à racine rouge, chénopode, galinsoga, seneçon vulgaire, ortie royale, mouron des oiseaux, chardon des champs.

Ce classement doit être utilisé avec discernement, car les espèces de mauvaises herbes retrouvées dans un champ ne donnent que des indices sur les conditions du sol. La situation réelle devra être évaluée par une analyse plus approfondie.

Source : LaFrance, D. (1991)

Principales clés de succès pour le contrôle des adventices

INVENTORIER LES MAUVAISES HERBES DE SES CHAMPS

Noter les zones à problèmes, la sévérité de l'infestation, les espèces; remarquer les changements d'une année à l'autre en fonction des cultures, de la fertilisation. Le but de l'exercice est de comprendre pourquoi telle mauvaise herbe pousse à tel endroit et quelles sont les conditions qui lui sont favorables. On cherchera alors à modifier ces conditions afin de perturber l'habitat de

l'adventice à problème tout en améliorant les conditions pour la culture. Par exemple, la spargoute et la petite oseille poussent généralement dans les sols pauvres. En améliorant la fertilité de ces sols, leur habitat est perturbé tandis que la croissance de la culture est favorisée.



Herse Lely

Photo : Nicole Fraser

S'ASSURER DE PRODUIRE UNE CULTURE VIGOUREUSE ET COMPÉTITIVE

Lorsque la production a un bon départ et forme un couvert végétal dense, elle peut compétitionner avec succès les mauvaises herbes. En pomme de terre, favoriser la fermeture des rangs en respectant l'espacement idéal de 91 cm, et s'assurer de fournir les nutriments et l'humidité nécessaires à la culture vont permettre d'atteindre cet objectif.

PRATIQUER LA ROTATION DES CULTURES

Chaque culture est associée à certaines espèces de mauvaises herbes; si on pratique la rotation avec des cultures nécessitant une gestion et une fertilité différentes dans un même champ, le cycle vital des mauvaises herbes est interrompu, dérangé.

CULTIVER DES ENGRAIS VERTS AU LIEU DE LAISSER LE SOL NU EN FIN DE SAISON

Un couvert végétal dense empêchera les adventices de s'implanter et, de plus, certaines plantes produisent naturellement des toxines soit par les racines, soit par les parties végétales en décomposition, qui inhibent la croissance des autres espèces. Ce phénomène est appelé allélopathie.

ACHETER DES SEMENCES EXEMPTES DE MAUVAISES HERBES

Pour l'ensemencement d'une prairie, par exemple, le producteur aura avantage à acheter ses semences séparément et à faire lui-même le mélange au lieu d'acheter un mélange préparé d'avance. Les semences par variété sont généralement plus propres.

EFFECTUER LES TRAVAUX MÉCANIQUES APPROPRIÉS

Un labour, fait à l'automne ou au printemps selon le type de sol, suivi de quelques hersages, par temps sec, permettra de contrôler les adventices et de bien préparer le sol pour la plantation. Après la plantation, l'utilisation d'un outil de sarclage léger telles la herse peigne (Lely^{MC}), ou la vibrobineuse articulée (Schönberger^{MC}), ou encore l'utilisation d'un brûleur au propane vont compléter le contrôle des mauvaises herbes avant le plein développement des pommes de terre.



Dents ajustables de la herse Lely

Photo : Robert Robitaille

La **herse Lely** est constituée d'un cadre rigide muni de trois rangées de dents souples et ajustables. Ces dents seront ajustées avant de commencer les opérations de sarclage. Pour ce faire, placer la herse au début des rangs de pommes de terre et ajuster chacune des dents : celles vis-à-vis de l'entre-rang seront à la tension maximale tandis que celles sur le rang seront à la tension minimale. La herse Lely est plus efficace lorsque les rangs de pommes de terre sont parfaitement équidistants; autrement, les dents les plus tendues risquent de se retrouver sur le rang et peuvent déterrer les tubercules.

La **vibrobineuse articulée** ressemble à une herse à pacage, mais en plus léger. Il n'y a aucun ajustement de dents à faire avant de l'utiliser; elle épouse parfaitement les formes du terrain, que vous ayez du talent ou

non pour faire des rangs équidistants. Par contre, elle est un peu trop légère là où les roues de tracteur circulent. On peut y remédier en fixant des dents sous le tracteur, vis-à-vis des roues, et en les descendant lorsque le besoin se fait sentir.

Ces deux instruments peuvent être utilisés avant et après la plantation. Un passage en pré-levée et un second en post-levée (avant que les plants aient atteint 15 cm) permettront d'exercer un bon contrôle sur les adventices. Parfois, selon le degré d'infestation du champ, un seul passage en pré-levée sera suffisant. La période propice pour leur utilisation se situe au moment où les adventices commencent à peine à sortir de terre (on distingue quelques cotylédons ici et là). Idéalement, la température aura été humide avant le traitement et sèche après afin que, d'une part, les adventices aient l'humidité nécessaire pour germer et, d'autre part, qu'elles dessèchent après le sarclage.

Le brûleur au propane peut être utilisé simultanément pour contrôler les adventices et les doryphores. Le stade de développement des mauvaises herbes doit être le plus jeune possible, soit de 0 à 2 feuilles pour les graminées et de 2 à 4 feuilles pour les adventices à feuilles larges. Le contrôle des vivaces par cette méthode est toutefois plus difficile à réussir et nécessitera plus d'un traitement (seul le feuillage est affecté par le brûleur, et la vivace a de bonnes réserves dans ses racines). Il est à noter que la méthode thermique n'est utilisable qu'en sol minéral, car les risques de feu sont trop importants en sol organique.

Le brûleur au propane peut être utilisé en pré-levée et en post-levée pour le contrôle des adventices. Toutefois, les plants de pomme de terre ne doivent pas avoir plus de 10 cm afin que les rendements ne soient pas affectés. La méthode thermique a deux avantages :

1. le brûleur ne ramène pas en surface les graines de mauvaises herbes du sol;
2. les populations de doryphore sont affectées par le traitement.



Vibrobineuse articulée

Photo : Renée Dumontier

SARCLER MANUELLEMENT SI NÉCESSAIRE

Parfois le contrôle des adventices a été presque parfait sauf pour quelques plants qui vous narguent de leur floraison indésirable. Il est toujours profitable à long terme d'arracher manuellement ces plants, car les graines qu'ils se préparent à laisser tomber dans votre champ pourraient multiplier votre problème pour les années à venir. Les plants en fleurs doivent être sortis du champ, car bien souvent, ces fleurs deviendront graines si elles sont laissées à l'ombre, entre les rangs de pommes de terre.

UTILISER LA DEMI-JACHÈRE LORSQU'UN CHAMP EST INFESTÉ DE CHIENDENT

Plusieurs hersages sont effectués à l'aide d'un outil à dents, par temps sec, pour faire sortir les racines du chiendent et les laisser sécher au soleil. Surtout, ne pas utiliser de rotoculteur ni de herse à disques lors d'une telle infestation : les racines se feraient couper et multiplieraient votre problème. Une demi-jachère est celle qui ne dure que la moitié de la saison de végétation. Par la suite, ensemencer le champ avec une culture d'engrais vert qui continuera le contrôle des adventices dans le champ tout en protégeant et en enrichissant le sol.

L'utilisation d'un ensemble de méthodes en fonction du degré d'infestation et de la sorte de mauvaises herbes permettra d'exercer un contrôle efficace sur les adventices.

Insectes

Les insectes qui s'attaquent aux cultures de pommes de terre sont relativement peu nombreux. Cependant, certains peuvent causer des dégâts appréciables. La mise en place d'une bonne régie de culture contribue dans bien des cas à les contrôler efficacement. De plus, elle permet la croissance de plants sains et vigoureux qui supporteront mieux les attaques causées par les insectes. Il est important de visiter régulièrement ses champs (de une à deux fois par semaine) pour prendre connaissance des insectes présents, de leur niveau d'infestation et de leur stade de développement afin d'agir au moment opportun.

Doryphore de la pomme de terre

Le principal ennemi des cultures de pommes de terre est sans contredit le doryphore. Une brève description de l'insecte et de son cycle vital va vous permettre de bien planifier vos interventions.

De la famille des coléoptères, le doryphore (*Leptinotarsa decemlineata*) se nourrit du feuillage de plusieurs espèces de solanacées (pomme de terre, aubergine, tomate, etc.). L'adulte mesure de 6 à 11 mm; il est de couleur jaune orangé striée de bandes longitudinales noires (planche couleur 2). Au Québec, il émerge de son hibernation de la fin mai à la fin juin. À ce moment, il ne peut se déplacer qu'en marchant, car les muscles lui permettant de voler ont besoin d'un délai de 5 à 7 jours pour se régénérer. Cette information est de première importance pour qui souhaite lui faire la lutte de manière physique. L'adulte mange peu et les dégâts causés par les doryphores au printemps ont peu d'impact sur la production (sauf s'ils sont en nombre excessif).

La femelle dépose des grappes d'œufs orange pâle (planche couleur 2) sur la face inférieure des feuilles; elle peut pondre de 300 à 500 œufs par saison. Après 4 à 9 jours d'incubation, les œufs vont éclore pour donner naissance à de petites larves rouge foncé ayant plusieurs taches noires de chaque côté du corps; leur couleur deviendra de plus en plus orangée à l'approche de la maturité. Le développement larvaire est divisé en quatre stades : au stade 1, les petites larves demeurent regroupées, mangeant d'abord les coquilles de leurs œufs pour ensuite manger le bord des feuilles; au stade 2, elles ont environ 3 mm et commencent à se disperser sur la plante; aux stades 3 (5 mm) et 4 (8 mm), elles se dispersent de plus en plus et deviennent très voraces (planche couleur 2). La défoliation sévère qu'elles peuvent causer, surtout pendant la période des

bourgeons floraux, affecte la production de tubercules et entraîne une diminution des rendements. Le développement larvaire a une durée de 14 à 21 jours. Parvenue à la fin de son développement, la larve s'enfonce dans le sol pour la pupaison, d'où émergera un nouvel adulte 10 à 15 jours plus tard.

Ce sont les conditions climatiques qui vont le plus influencer la rapidité de son développement. Plus le temps sera chaud et sec, plus les stades de développement seront de courte durée et, à l'inverse, plus la température sera fraîche et pluvieuse, plus ils seront longs. Par temps ensoleillé, les larves se tiennent sur le dessus du feuillage et se nourrissent activement; par temps pluvieux, elles se tiennent sous les feuilles. Par ailleurs, les petites larves (stades 1 et 2) sont les plus sensibles aux interventions; c'est pourquoi il faut visiter ses champs souvent afin de pouvoir intervenir sur ces dernières.

Il existe plusieurs moyens de lutte pour réduire efficacement les populations de doryphores. C'est en appliquant un ensemble de techniques et de stratégies que le producteur peut venir à bout de cet insecte ravageur et exercer sur lui un contrôle à long terme.

PRÉVENTION

Rotation

La rotation des champs en culture de pomme de terre est une stratégie essentielle dans la lutte contre le doryphore. Plus le champ de pommes de terre de l'année en cours sera éloigné de celui de l'année précédente et plus il y aura d'obstacles entre eux (champ de céréale, rivière, boisé, etc.), plus le doryphore sortant de son hibernation aura le temps de s'affaiblir ou de mourir de faim avant d'atteindre les pommes de terre.

Les rotations jouent plusieurs rôles dans le contrôle des doryphores :

1. elles créent un effet de barrière : les doryphores qui émergent ou qui circulent dans un champ de céréale sont confrontés à des températures plus froides (l'émergence est stimulée par la chaleur) et à une végétation plus dense au niveau du sol;
2. elles favorisent la présence d'autres insectes dont certains seront des prédateurs du doryphore;
3. la colonisation du champ en pomme de terre est plus tardive en raison de son éloignement, moins de doryphores y parviennent et les femelles affaiblies pondent moins d'œufs.

Lorsque le champ de pommes de terre de l'année en cours est adjacent à celui où elles étaient l'année précédente, il est nécessaire d'utiliser d'autres méthodes de contrôle conjointement avec les rotations, comme par exemple : les pièges-fosses, les pulvérisations à base d'insecticide biologique, le brûlage des abords des champs, les plantes-pièges, etc.

Piège-fosse

Afin de contrôler la migration des doryphores non seulement au printemps mais aussi tout au long de la saison de végétation, on peut installer un piège-fosse en bordure du champ de pomme de terre. Il s'agit de creuser un sillon (une raie de labour par exemple) d'environ 20 à 25 centimètres de profondeur entre le champ de l'année précédente ou le site d'hibernation des doryphores et celui de l'année en cours, et de le



Appareil servant à l'installation du piège-fosse Photo : Nicole Fraser

recouvrir d'un plastique noir. Le plastique sera maintenu en place au moyen de quelques pelletées de terre (ou des pierres) jetées à intervalles dans le fond, tandis que les bords seront recouverts par du sol. Un appareil a été spécialement conçu à cette fin dans le cadre d'un projet « Essai et expérimentation en agro-alimentaire » à l'Île d'Orléans. Traîné par un tracteur, il creuse le sillon tout en déroulant le plastique. Il facilite l'installation des pièges-fosses sur de très grandes superficies.

La technique du piège-fosse s'avère très efficace pour contrôler les doryphores qui migrent au printemps. Ces derniers descendent dans la fosse et ne peuvent en ressortir à cause de la fine pellicule de poussière qui s'est déposée sur le plastique. Une fois prisonniers dans le piège, les doryphores, sous l'action du soleil et de la chaleur, se font déshydrater et meurent rapidement. Les études effectuées pour évaluer l'efficacité du piège-fosse ont démontré une diminution de 36% à 50% du nombre d'adultes par plant au printemps ainsi qu'une diminution de 70% des masses d'œufs. Au Québec, cela se traduit par une diminution de deux traitements insecticides. Ces pourcentages peuvent varier d'une année à l'autre, car le piège-fosse n'est efficace que contre les doryphores qui se déplacent en marchant; ces derniers sont plus nombreux lorsque les températures sont fraîches et humides, tandis que les envolées seront plus importantes par temps sec et chaud.

PRINCIPES À RESPECTER POUR L'INSTALLATION D'UN PIÈGE-FOSSE

- ameublir le sol à l'automne pour faciliter l'installation au printemps suivant;
- l'installer tôt au printemps, avant l'émergence des pommes de terre;
- les extrémités doivent avoir un angle de 50° (pour ne pas que les doryphores s'échappent),
- les bords doivent être bien plats afin que le doryphore puisse se rendre et tomber dans le piège-fosse;
- perforez le fond à quelques endroits pour permettre l'écoulement de l'eau;
- desherber le long du piège-fosse, car les mauvaises herbes peuvent diminuer son efficacité en faisant obstacle à la migration des doryphores ou en perforant le plastique.

Note : L'Université de Cornell a préparé un vidéo intitulé *Alternative management techniques for the C.P.B.* (techniques alternatives pour la gestion des doryphores) qui contient de très bonnes explications concernant la technique du piège-fosse ainsi que l'utilisation des brûleurs au propane. Ce vidéo est disponible à :

Cornell Cooperative extension
264 Griffin ave
Riverhead, NY 11901
(516) 727-7850

Semis différés

Les semis de pomme de terre faits tôt en saison présenteront des plants robustes au moment de l'émergence des doryphores. Par conséquent, le pourcentage de la défoliation causée par ces derniers sera moins important que sur des plants peu développés. De plus, une récolte hâtive forcera les doryphores soit à émigrer à la recherche de nouveaux hôtes, soit à entrer en hibernation avant d'avoir complété leur cycle physiologique, ce qui diminuera leur survie à l'hiver. D'un autre côté, les semis tardifs forceront les doryphores à chercher leur nourriture ailleurs puisque les plants n'auront pas commencé leur croissance au moment de l'émergence.

Pour que la méthode des semis différés soit efficace, la concertation entre les producteurs d'une même région s'avère nécessaire, car des semis faits à différentes dates dans des champs contigus annuleront l'effet recherché.

Plante-piège

Les plantes-pièges sont utilisées spécialement pour attirer un insecte en particulier. Les producteurs cultivant plusieurs variétés de pomme de terre ont sans doute remarqué que certaines d'entre elles étaient plus rapidement envahies que d'autres. Parmi ces variétés plus appétissantes pour les doryphores, citons l'Atlantique, la Norland, la Caribe. Par ailleurs, les doryphores semblent préférer les aubergines aux pommes de terre.

La technique des plantes-pièges consiste à semer environ 4 rangs de pommes de terre pré-germées aussitôt que le sol est réchauffé. Les doryphores qui émergent au printemps envahiront les plantes-pièges sur lesquelles on concentrera les traitements (arrosage à la roténone, brûlage, cueillette manuelle). Cette technique ne sera pas nécessaire lorsque les doryphores auront été bien contrôlés l'année précédente, que la rotation aura été bien planifiée et qu'il y aura eu un piège-fosse entre les champs contigus d'une année à l'autre.

Prédateurs

Étant originaire du Mexique, le doryphore a peu de prédateurs naturels sous notre climat. Toutefois, on a observé que certains insectes, telles la punaise masquée et la coccinelle maculée, s'attaquent à un ou plusieurs des stades de son développement. Le sol, quant à lui, contient naturellement divers insectes et micro-organismes qui peuvent s'attaquer aux larves, aux pupes et aux adultes du doryphore, par exemple le

Beauvaria bassiana (microchampignon pathogène) et les nématodes entomophages. La présence des prédateurs sera favorisée par l'aménagement d'habitats naturels, les rotations, l'utilisation des moyens de lutte mécaniques et physiques et par l'usage parcimonieux d'insecticides spécifiques.

La section traitant des alliés vous donnera de plus amples informations sur différents prédateurs et parasitoïdes et sur les moyens de les attirer et de les conserver.

RÉPRESSION

Les rotations et les pièges-fosses vont permettre de contrôler une bonne proportion des doryphores de printemps. Cependant, vous n'êtes pas nécessairement au bout de vos peines : certains vont envahir votre champ par la voie des airs. Certains printemps, lorsque les températures sont particulièrement chaudes et sèches, les envolées peuvent être très importantes et nécessiter une intervention. Mais, en règle générale, les quelques adultes que vous retrouverez au printemps ne devraient pas causer trop de dégâts : ils vont manger un peu et se reproduire beaucoup. C'est au moment de l'éclosion des œufs que vous devrez être prêt à agir.

Bacillus thuringiensis

Le *Bacillus thuringiensis* (B.t.) est une bactérie qui s'attaque surtout aux larves de lépidoptères et, parfois, aux larves de quelques autres espèces. Des souches ont été développées spécialement pour lutter contre le doryphore : il s'agit des variétés *san diego* (M-Trak^{MC}) et *tenebrionis* (Novodor^{MC}). Le B.t. est très spécifique et très sécuritaire, ainsi les insectes prédateurs ne sont pas affectés par le traitement. Il est surtout efficace sur les petites larves (stades 1 et 2), c'est-à-dire pas plus grosses que 0,5 mm. Les recherches ont clairement démontré que les traitements au B.t. se sont avérés aussi efficaces et aussi rentables que ceux faits avec des insecticides chimiques. La clé de cette efficacité est de faire les traitements aux moments opportuns en respectant le mode d'emploi fourni par le fabricant.

Il faut donc inspecter ses champs régulièrement (1 à 2 fois par semaine) afin de détecter la présence des doryphores, des masses d'œufs et leur éclosion. Lorsque le tiers des masses d'œufs sont éclosés, c'est le moment de faire un premier traitement, que l'on répétera 5 à 7 jours plus tard, si nécessaire. Comme les doryphores s'activent avec la chaleur, l'application sera faite en début de journée, par temps sec et chaud. Si des cir-

constances particulières vous empêchent de faire votre pulvérisation à ce moment, tout n'est pas perdu. Les améliorations qui ont été apportées aux produits à base de *Bacillus thuringiensis* au cours des dernières années les ont rendus très efficaces pour contrôler les doryphores. Tous les stades du développement larvaire de l'insecte seront affectés par le produit. Cependant, plus les larves sont petites, plus elles meurent rapidement, tandis que les plus grosses auront le temps de causer une bonne défoliation aux plants avant de mourir. D'ailleurs, il faut toujours viser les petites larves, qui sont plus sensibles, plutôt que les grosses larves qui seront moins affectées et qui pourront contribuer au développement de résistance chez l'insecte. Ce sera alors la fin de l'efficacité de ce merveilleux insecticide naturel.

Roténone

Extraite des racines de légumineuses tropicales, la roténone agit par contact et par ingestion. Elle est de faible toxicité pour les animaux à sang chaud et se dégrade rapidement sous l'effet de la lumière et de la chaleur. Cependant, elle se dégrade plus lentement dans l'eau que dans l'air et elle est fortement毒ique pour les poissons. Non sélective, elle détruit aussi les insectes utiles. Elle ne sera utilisée qu'en cas d'infestation grave, sous forme d'applications localisées. La roténone en poudre est efficace contre tous les stades du doryphore tandis qu'en pulvérisation (poudre mouillable ou émulsion), son efficacité diminue au fur et à mesure que le doryphore parvient à maturité.

L'application se fera idéalement en fin de journée et on répétera le traitement 5 à 7 jours plus tard si nécessaire. Il est déconseillé de l'entreposer à long terme, car elle perd graduellement son efficacité. La roténone en poudre mouillable nécessite parfois l'ajout d'un agent émulsifiant pour bien la diluer. On recommande d'ajouter, à l'eau du pulvérisateur, 0,1% d'huile minérale (1 litre/1000 litres), et ce, avant d'y ajouter la roténone.

Brûleur au propane

Le brûleur au propane permet de contrôler les doryphores printaniers en même temps que les mauvaises herbes. Chez l'insecte, il provoque une augmentation de la chaleur interne et brûle les antennes et les pattes, ce qui entraîne la mort dans un court laps de temps. La méthode thermique ne sera utilisée qu'une fois en début de saison, lorsque les plants n'ont pas plus de 10 cm. À cette période, les dommages aux plants sont mineurs, car ces derniers récupèrent rapidement tandis qu'à la

période des bourgeons floraux, les dommages sont plus importants et peuvent affecter la récolte. En fin de saison, le brûleur utilisé pour le défanage détruira en même temps les populations de doryphores prêts à hiberner. On obtiendra une plus grande mortalité si le brûlage est fait par une chaude journée ensoleillée et calme, période où les doryphores se nourrissent activement et où ils sont bien exposés à la flamme sur le dessus des plants.

Bâches ou couvertures flottantes

Les bâches ou couvertures flottantes, utilisées pour la production de pomme de terre de primeur, permettent de réduire considérablement l'envahissement des parcelles par les adultes printaniers. Pour que cette technique soit efficace contre les doryphores, il faut être particulièrement attentif à la pose de la bâche : elle doit être bien ancrée dans le sol afin de couper toute porte d'entrée et elle doit être installée dans un champ de pomme de terre de première année. De plus, le matériel utilisé sera non troué. Dans les meilleures conditions (stabilité des bâches, absence de bris...), bâche et rotation éliminent totalement l'envahissement des plants par le doryphore (jusqu'à l'enlèvement des bâches).

Pucerons

Les pucerons sont des petits insectes suceurs, au corps mou, vivant surtout à l'envers des feuilles (planche couleur 2). De trois à quatre espèces différentes de pucerons peuvent se retrouver sur les cultures de pomme de terre : le puceron vert du pêcher (*Mysus persicæ*), le puceron du nerprun (*Aphis nasturtii*), le puceron de la pomme de terre (*Macrosiphum euphorbiæ*) et parfois, le puceron de la digitale (*Aulacorthum solani*). Ils peuvent apparaître à partir de la fin juin et, dans les conditions favorables (température et humidité relative élevées), ils se reproduisent très vite. En contrepartie, les pluies froides et abondantes ralentiront leur multiplication. En grand nombre, ils peuvent endommager sérieusement les récoltes en suçant la sève des feuilles qui se décolorent et s'enroulent. De plus, les pucerons contribuent à la propagation de certaines maladies de la pomme de terre, tels l'enroulement et les mosaïques.

DÉPISTAGE

Le dépistage des pucerons requiert une attention spéciale à cause de leur petite taille, de leurs dommages peu visibles et de leur localisation sur les plants. La présence de coccinelles dans un champ de pommes de

terre signifie généralement l'apparition des pucerons. Selon les espèces, on pourra les découvrir sur les bourgeons floraux ou végétatifs ou encore sur les feuilles intermédiaires des plants. Les premières colonies apparaîtront d'abord en périphérie du champ.

Prédateurs

En agriculture biologique, les pucerons sont efficacement contrôlés par les coccinelles et de nombreux autres prédateurs tels les punaises, les chrysopes, les carabes et les parasitoïdes. De plus, en condition d'humidité élevée, les champignons pathogènes contribuent également à diminuer les populations. Il est important de conserver et d'aménager des habitats naturels pour une grande diversité d'insectes; ces derniers peuvent être d'importants alliés dans la lutte aux insectes nuisibles. Veuillez consulter la section sur les alliés pour de plus amples informations.

RÉPRESSION

Les producteurs de pomme de terre de semence doivent être vigilants et visiter régulièrement leurs champs, car les pucerons sont d'importants vecteurs de maladies de la pomme de terre. Si la culture présente une bonne quantité d'insectes prédateurs (surtout des larves de coccinelles), ces derniers exercent un contrôle efficace. Si les insectes prédateurs ne semblent pas avoir le contrôle et si les pucerons sont trop envahissants, on devra avoir recours à un insecticide biologique tel le savon insecticide.

Pour la production de pommes de terre de consommation, il est rare que les pucerons atteignent des densités suffisamment élevées pour justifier un traitement insecticide, spécialement si l'activité des coccinelles et des autres ennemis naturels est évidente par leur présence sur le feuillage.

Savon insecticide

Le savon insecticide est composé de sel de potassium d'acides gras. Il est efficace contre plusieurs insectes (pucerons, tétraniques, acariens, etc.) et son spectre d'action est beaucoup moins vaste que celui de la roténone, épargnant ainsi certains insectes prédateurs.

Autres ravageurs

Les insectes suivants, quoique fréquemment rencontrés, ne causent généralement pas de dégâts significatifs dans les cultures de pomme de terre au Québec. Leurs populations demeurent habituellement sous le seuil de nuisibilité, surtout si on favorise la présence des prédateurs.

ALTISE DE LA POMME DE TERRE

L'altise de la pomme de terre (*Epitrix cucumeris Harr*) est un très petit insecte noir mesurant à peine 1,5 mm de longueur. L'adulte se nourrit de feuillage en perçant une multitude de petits trous, sautant au moindre dérangement. Les larves vivent dans le sol. Les adultes hivernent dans la terre et réapparaissent dès que la pomme de terre est levée. La première génération apparaîtra au printemps et la deuxième, vers la fin juillet. L'altise ne cause généralement pas de dégâts significatifs au Québec.

CICADELLE

La cicadelle de la pomme de terre (*Empoasca fabae (Harr)*) est un petit insecte de couleur vert pâle et de forme effilée qui se rencontre surtout sur les pousses terminales. Elle injecte une substance toxique qui cause le dessèchement de la pointe et du bord des feuilles. Les adultes déposent leurs œufs dans les nervures des feuilles et dans les tiges; ces œufs éclosent au bout de 7 à 10 jours. La nymphe, vert pâle, ressemble à l'adulte mais ne possède pas d'ailes; elle est très agile et se déplace souvent latéralement pour disparaître rapidement sous une feuille.

MÉLOÉ

Le méloé (*Meloidae*) se rencontre occasionnellement sur les cultures de pomme de terre. C'est un insecte de forme allongée mesurant 13 à 15 mm, au corps mou recouvert par des ailes ayant l'aspect du cuir. Sa couleur varie du bleu métallique foncé à noir violet. Les adultes se nourrissent de feuillage, principalement celui de la pomme de terre. Les larves parasitent les œufs des abeilles sauvages. Les méloés ont la particularité de sécréter une substance corrosive aux articulations des pattes, laquelle a pour effet de provoquer des ampoules sur la peau des humains qui les manipulent et des animaux. Si elles sont présentes en très grand nombre, la défoliation qu'elles occasionnent peut affecter les rendements.

Alliés (prédateurs)

COCCINELLES

La famille des coccinelles comprend une grande variété d'espèces dont la majorité sont d'excellents prédateurs surtout de pucerons, mais aussi d'œufs et de larves de doryphore. Les femelles pondent leurs œufs en grappes sous les feuilles des plantes. Ces grappes d'œufs ressemblent malheureusement à ceux des doryphores, et on peut facilement les confondre. Les œufs des coccinelles sont généralement d'un jaune plus pâle, leur forme est plus allongée et plus mince, et ils sont disposés en rangée dans les grappes. Les larves sont de couleur gris bleuté à noire, tachetée de points orange. Elles sont très agiles et voraces.

La coccinelle maculée (*Coleomegilla maculata*) s'est avérée bonne prédatrice de doryphores, se nourrissant des œufs et des petites larves. Elle est caractérisée par un corps allongé, tacheté de 11 points noirs sur des élytres orange et de deux points distincts sur le pronotum (planche couleur 3). Les coccinelles maculées hibernent à l'état adulte, en groupe pouvant atteindre 300 000 individus et même plus, au pied des arbres (érables, ormes, saules, trembles), se cachant sous les feuilles mortes.

La densité des coccinelles semble être déterminée par leur survie à l'hiver et par l'abondance des pucerons plutôt que par l'abondance des œufs de doryphores. Un excellent moyen de favoriser leur présence et leur survie consiste à inclure dans la rotation la culture du maïs sucré, à établir une bordure permanente de plantes-hôtes et à préserver les sites d'hibernation. Les industries d'élevage d'insectes prédateurs commencent à s'intéresser aux *Coleomegilla maculata* et peut-être que sous peu, celles-ci seront disponibles commercialement pour des lâchers massifs.

PUNAISES

La famille des punaises des bois (Pentomidæ) comprend plusieurs espèces qui se nourrissent de la sève des plantes, mais on retrouve aussi quelques espèces prédatrices d'insectes (planche couleur 3) : la punaise masquée (*Perillus bioculatus*), la punaise à ventre taché (*Podisus maculiventris*) et la punaise épineuse (*Picromerus bidens L.*).

Perillus bioculatus, ou punaise masquée, est surtout rencontrée dans l'extrême sud du Québec, sur les végétations basses. Elle a besoin d'hivers tempérés et de bon nombre d'abris pour survivre. Elle se nourrit principalement de doryphores, dont elle pique les œufs et les larves pour les vider de leur contenu. Elle serait très efficace en lâchers massifs si elle était disponible commercialement.

Podisus maculiventris se nourrit d'une grande variété d'insectes incluant les œufs et les larves du doryphore et même l'adulte (elle s'attaque aussi aux coccinelles). On la rencontre sur les arbres et les arbustes dans presque toutes les régions du Québec; elle est aussi disponible commercialement pour des lâchers massifs. Pour ce faire, on utilisera surtout les larves, car ces dernières ne se déplacent qu'à de courtes distances, ce qui n'est pas le cas pour les adultes.

Picromerus bidens est un polyphage qui se nourrit, entre autres, de doryphores à tous les stades de leur développement. Son comportement particulier fait de lui un excellent prédateur : il abandonne une proie à demi consommée pour s'attaquer à une autre qui se trouve à proximité. On le retrouve dans les champs, les haies, à l'orée des bois, sur les arbustes, plus particulièrement sur les framboisiers sauvages.

CARABES

Les carabes sont aussi d'excellents prédateurs communs dans nos régions. Mentionnons *Lebia grandis*, coléoptère d'un noir bleuté aux reflets métalliques, qui se nourrit des œufs, des larves et des pupes du doryphore. Les larves tout autant que les adultes du *Lebia grandis* sont très actifs, surtout la nuit, se protégeant sous la litière ou les pierres durant le jour. C'est sans doute pour cette raison qu'il est peu remarqué, même si son habitat naturel se situe dans les champs de pommes de terre (planche couleur 3).

CHRYSTOPES

Les chrysopes, plus particulièrement *Chrysoperla rufilabris*, se nourrissent de petits insectes incluant les œufs et les larves de doryphores. Ce sont des insectes verts à l'allure très délicate. Ils ont de longues antennes, des yeux dorés, et leurs ailes transparentes nervurées de vert sont repliées le long du corps lorsqu'ils sont au repos.

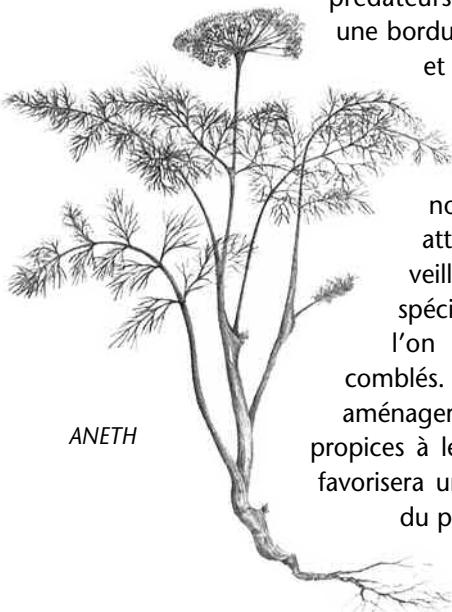
TACHINIDES

La mouche tachinide *Myiopharus (=Doryphorophaga) doryphoræ* est commune au Québec et ressemble à la mouche domestique. Elle serait même l'ennemi naturel le plus abondant en fin de saison. Elle parasite les larves du doryphore en pondant ses œufs près ou à l'intérieur de ces dernières. On a remarqué, vers la fin août, un parasitisme allant de 60 à 70% des larves et des pupes du doryphore, causé par la mouche tachinide. On peut favoriser sa présence en implantant des plantes-hôtes produisant pollen et nectar, tels l'aneth, le persil, le trèfle, le sarrasin et les herbes aromatiques.

PLANTES-ABRIS

Les plantes-abris, ou plantes-hôtes, ont pour fonction d'attirer et de favoriser la multiplication des insectes utiles. Elles peuvent être intercalées ou semées en bordure de la culture (planche couleur 4), le long des fossés, des systèmes d'irrigation, etc. On peut en faire une culture annuelle ou les planter de façon permanente. Une bordure de plantes-hôtes peut être aménagée non seulement pour son utilité, mais aussi pour sa beauté, les insectes étant attirés par le pollen et le nectar des fleurs.

Une bordure permanente de plantes-abris est une excellente façon d'attirer et de conserver les insectes prédateurs. Il s'agit d'implanter une bordure composée d'arbustes et de plantes herbacées dont la floraison va attirer les insectes bénéfiques. Cependant, non seulement faut-il les attirer, mais il faut aussi veiller à ce que les besoins spécifiques des insectes que l'on veut conserver soient comblés. Par exemple, on verra à aménager des refuges et des lieux propices à leur reproduction, et on favorisera une floraison qui s'étend du printemps à l'automne.



ANETH

Illustrations : Thomas C. Quirk. Jr., *Field Guide to Wild Herbs*

La bordure sera variée tant au point de vue des espèces qui la composent que dans la hauteur de la floraison.

Il devrait y avoir aussi des zones ombragées et des zones ensoleillées, des refuges naturels faits de pierres plates un peu sorties de terre, des morceaux d'écorce recouvrant la matière organique, des aires de sable légèrement surélevées pour la ponte, des talus dégarnis de végétation et des fleurs odorantes et variées qui attireront les insectes et leur fourniront nourriture tout au long de la saison.



MENTHE



SAMBUCUS

Plusieurs variétés de plantes et d'arbustes d'ornement peuvent être utilisées, mais les variétés indigènes à fleurs simples sont plus efficaces que les variétés ornementales hautement améliorées.

Parmi les plantes-hôtes pouvant être utilisées, mentionnons le maïs sucré, qui favorise la présence de la coccinelle maculée (*Coleomegilla maculata*) et la tanaisie vulgaire, l'aneth et le carvi, qui attirent une grande variété d'insectes utiles (syrphes, guêpes, araignées, coccinelles, tachinides, etc.) et peut-être aussi des pucerons. Eh oui! Les prédateurs ont aussi besoin de nourriture. Cependant, lorsque l'équilibre existe entre les insectes utiles et ceux qui sont nuisibles, les plantes ne subissent pas de dégâts majeurs.

PETIT GUIDE DES PLANTES-ABRIS pouvant être utilisées au Québec

Plantes fleurissant tôt le printemps

ARBUSTES : amélanchier du Canada (*Amelanchier canadensis*), amélanchier à feuilles étroites (*A. lœvis*), petit merisier (*Prunus pensylvanica*) qui est moins envahissant que le cerisier à grappes (*P. virginiana*), sorbier (*Sorbus sp.*), sureau rouge (*Sambucus pubens*), sureau blanc (*Sambucus canadensis*); les groseilliers et gadeliers (*Ribes sp.*) sont intéressants tout comme les éricacées (bleuets, cassandre, kalmia, thé du Labrador et bruyère (*Calluna* et *Erica*)).

PLANTES HERBACÉES : ail sauvage (*Allium tricoccum*), crocus, chionodoxa, *Geranium phæcum*, jacinthe, myosotis, perce-neige, primevère, tulipe botanique.

Plantes fleurissant au début de l'été

ARBUSTES : églantier (*Rosa eglanteria*), pimbina (*Viburnum trilobum*), spirée (*Spiraea*); le cornouiller rouge (*Cornus sericea*) n'est pas recommandé, car il devient envahissant.

PLANTES HERBACÉES : ail ornemental (*Allium sp.*), antennaire (*Antennaria*), benoîte (*Geum macrophyllum*), campanule (*Campanula*), fenouil (*Foeniculum vulgare*), herbe de sainte-barbe (*Barbarea vulgaris*), lobélie du cardinal (*Lobelia cardinalis*), lychnide (*Lychnis viscaria*), menthe* à épis, menthe poivrée ou menthe des champs, orpin pourpre (*Sedum purpureum*), pavot de Californie (*Eschscholzia*) et *Sedum sp.*

Plantes fleurissant au milieu de l'été

ARBUSTES : sorbier* (*Sorbaria sorbifolia* et *Sorbus aucuparia*).

PLANTES HERBACÉES : ancolie du Canada (*Aquilegia canadensis*), aneth, chicorée sauvage (*Cichorium intybus*), cœur saignant (*Dicentra*), digitale (*Digitalis*), épervière orangée*, herbe à dindes* (*Achillea millefolium*), latricle (*Liatis*), lotier corniculé (*Lotus corniculata*), lupin (*Lupinus*), luzerne, phacélie (*Phacelia*), salicaire (*Lythrum salicaria*), trèfle Alsike, trèfle blanc, trèfle rouge, vipérine* (*Echium vulgare*).

Plantes fleurissant à la fin de l'été

PLANTES HERBACÉES : asters* (*Aster sp.*), carotte cultivée (en laissant en terre quelques plants, car elles ne fleurissent que la deuxième année), carvi commun (*Carum carvi*), centaurée (*Centaurea montana*), chicorée sauvage (*Cichorium intybus*), rudbeckie pourpre (*Echinacea purpurea*), vergerette* (*Erigeron*), panais sauvage (*Pastinaca sativa*), tanaisie vulgaire* (*Tanacetum vulgare*), tournesol annuel, verge d'or* (*Solidago sp.*).

* Les variétés suivies d'un astérisque sont à utiliser avec une certaine précaution, car elles peuvent devenir rapidement envahissantes.

Source : Horti Centre du Québec, collaboration, 1992

Maladies

Plusieurs maladies peuvent s'attaquer à la pomme de terre. Cependant, il est possible de produire des cultures saines en suivant certaines règles phytosanitaires et certaines mesures préventives de base. Le présent chapitre ne s'attardera pas sur la description de toutes ces maladies, mais plutôt sur les mesures préventives à respecter afin de réunir les conditions nécessaires à la protection de nos cultures. Pour plus d'information concernant la description des maladies et leur prévention, voir le Guide de protection des pommes de terre du CPVQ (AGDEX 161/605) et le *Compendium of Potato Diseases*, édité par *The American Phytopathological Society* (uniquement en anglais mais très complet).

Mildiou

DESCRIPTION

Le mildiou de la pomme de terre (*Phytophthora infestans*) est aussi appelé brûlure tardive. C'est une maladie fongique causée par un champignon qui se développe sur diverses plantes de la famille des solanacées, mais qui s'attaque surtout aux pommes de terre et aux tomates (Planche couleur 2). Il survit à l'hiver sur des tubercules infectés qui n'ont pas été détruits par le gel hivernal. Le mycélium (corps du champignon) développe ses sporanges (agents d'infection en reproduction asexuée) lorsque les températures se situent entre 3 et 26 °C et que les conditions d'humidité sont élevées. En fait, c'est lorsque les températures oscillent autour de 21 °C et que l'humidité relative (au niveau du feuillage) est supérieure à 90 % que l'infestation est la plus rapide et la plus sévère. Il est important que ces deux conditions soient réunies (température chaude et humidité relative très élevée) pour qu'il y ait infestation. Ensuite, il suffit du vent pour disséminer les sporanges ou de pluie pour les faire tomber au sol et atteindre les tubercules non protégés à cause d'un mauvais rechaussage ou de fissures dans le sol.

Depuis quelques années, des souches d'un type différent (A2) ont été répertoriées sur le territoire québécois. Ce nouveau type permet maintenant au mildiou de se reproduire de façon sexuée tandis qu'il n'y a pas si longtemps, on ne rencontrait que des souches d'un même type (A1). Il faut des conditions très particulières pour qu'il y ait reproduction sexuée, c'est-à-dire qu'il faut que les deux types se retrouvent sur une même feuille et dans la même goutte d'eau. Si cela se produisait, nous pourrions voir apparaître des souches de mildiou présentant des résistances différentes aux fongicides, ou encore, elles pourraient attaquer des variétés

de pomme de terre reconnues jusqu'à maintenant comme étant résistantes. Seul l'avenir nous renseignera à ce sujet.

SYMPTÔMES

Le mildiou a des symptômes très caractéristiques sur le feuillage, et la personne qui en a vu une première fois saura toujours le reconnaître. Un halo vert pâle entoure une zone entièrement noircie sur le dessus de la feuille tandis qu'un duvet blanchâtre en recouvre la face inférieure (planche couleur 2). Parfois, le mildiou s'attaque aussi aux tiges, où il cause des taches brun foncé recouvertes de duvet blanc. Sous des conditions climatiques optimales, le mildiou se propage très rapidement. On reconnaît facilement une infestation sévère lorsque, dans un champ, on rencontre une ou plusieurs zones, plus ou moins circulaires, où tous les plants sont noircis.

Il ne faut pas confondre le mildiou avec la moisissure grise qui, elle, se développe surtout en bordure ou à la pointe des feuilles, ou encore sur les bourgeons floraux qui, en tombant, contaminent les feuilles. Le duvet sera de couleur grise et généralement sur le dessus des feuilles. La moisissure grise ne cause habituellement pas de dommages importants aux cultures.

MOYENS DE LUTTE

Afin de lutter efficacement contre le mildiou, il faut utiliser de bonnes pratiques culturales et employer des fongicides aux moments opportuns. La rotation est un moyen de défense de première intervention. Il ne faut

**IL FAUT PRENDRE L'HABITUDE
DE MARCHER RÉGULIÈREMENT
DANS SES CHAMPS POUR VOIR
CE QUI S'Y PASSE.**

**QUELS INSECTES SONT
PRÉSENTS, QUELLE EST
LEUR DENSITÉ DE POPULATION?
Y A-T-IL DE LA MALADIE?
QUELLES SONT LES MAUVAISES
HERBES? SONT-ELLES LIMITÉES
À CERTAINES ZONES?**

**ON VOIT AINSI LA CROISSANCE
DES PLANTS, LEUR VIGUEUR;
ON PEUT REMARQUER
LES ZONES MOINS FERTILES
ET VÉRIFIER LA SOURCE
DU PROBLÈME. ON EN PROFITE
POUR ARRACHER
QUELQUES MAUVAISES HERBES
EN PASSANT.**

**MARCHER DANS SES CHAMPS
S'AVÉRERA ÊTRE LA MEILLEURE
SOURCE D'INFORMATION
QU'UN PRODUCTEUR PUISSE
AVOIR PENDANT LA SAISON
DE CROISSANCE.**

pas cultiver de pommes de terre plusieurs années consécutives au même endroit et on doit inclure, dans la rotation, des cultures non sensibles au mildiou (par exemple, des céréales ou des légumineuses). Il faut bien désinfecter les entrepôts, détruire les rebuts de tubercules, choisir des semences saines, rejeter tout tubercule d'apparence douteuse, faire un buttage adéquat des plants de pomme de terre, irriguer judicieusement afin de ne pas maintenir le feuillage mouillé trop longtemps, et même accroître l'espacement entre les plants pour favoriser une meilleure circulation de l'air.

Lors de l'utilisation de fongicides, il faut d'abord vérifier le pulvérisateur, remplacer les buses défectueuses et veiller à bien le calibrer. Le produit doit recouvrir tout le feuillage. Prendre soin de lire attentivement le mode d'emploi et appliquer les doses recommandées. La plupart des fongicides agissent comme protectants; il faut donc faire les applications régulièrement lorsque les conditions sont favorables au mildiou, soit aux 7 ou 10 jours. Tout comme pour le contrôle des doryphores, il faut inspecter ses champs régulièrement pour y déceler les infestations.

Il est recommandé de détruire les champs infestés au moyen d'un défanage afin d'éviter la propagation du mildiou aux autres champs et aux tubercules. Mais nous sommes en agriculture biologique, et bien chanceux sont ceux qui ont accès à une rampe thermique pour défaner leur champ; c'est le moyen idéal lorsque l'on fait face à une infestation de mildiou. La plupart des producteurs biologiques attendent que les plants soient matures, de façon naturelle, pour procéder à la récolte. Si le champ est infesté par le mildiou, il ne faudra surtout pas défaner au moyen du fauchage et laisser le feuillage sur le champ, car on ouvrirait la voie à une infestation encore plus sévère. Quant à une récolte «en vert», peut-on la recommander lorsque l'on sait que les spores de mildiou présents sur le feuillage vont se propager sur les tubercules? Il faudra donc faucher en recueillant immédiatement le feuillage et en le détruisant. Ici, la

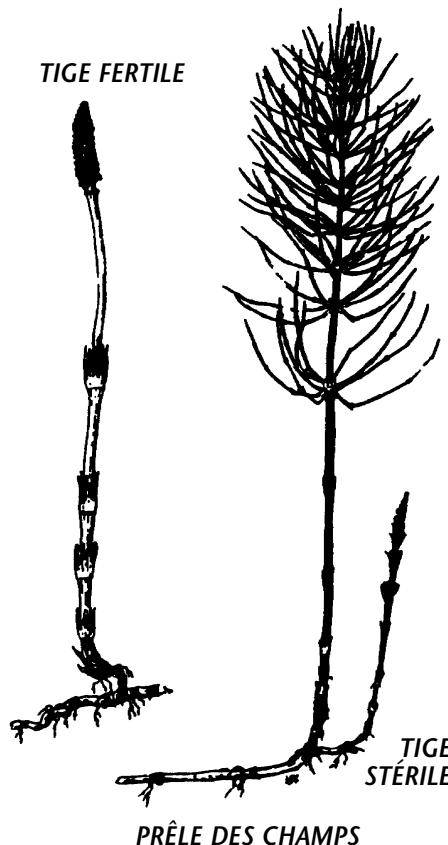
place est grande ouverte à l'ingéniosité des producteurs. Il ne faut surtout pas laisser vieillir le feuillage en tas, car le mildiou continuerait de se propager. On pourrait cependant l'arroser avec un produit phytotoxique tel le sulfate de cuivre, qui inhiberait par le fait même le développement du mildiou. Le meilleur moyen reste encore la prévention, en étant attentif aux avertissements phytosanitaires et en appliquant un fongicide lorsque les conditions sont favorables au développement de la maladie.

S'il y a présence de mildiou et si vous ne pouvez défaner, appliquez un fongicide jusqu'à ce que le feuillage soit complètement desséché. Ne procédez à la récolte qu'une fois la peau des tubercules endurcie (deux à trois semaines après le dessèchement complet du feuillage). Triez soigneusement la récolte et rejetez les tubercules infectés. Le mildiou a absolument besoin d'humidité pour se développer. Aussi, procédez à la récolte lorsque le sol est sec. Les tubercules en provenance d'un champ contaminé seront entreposés à une température aussi fraîche que possible (3 à 4 °C) et à un taux d'humidité relative inférieur à celui généralement recommandé, soit à 85% HR. De plus, veillez à ce qu'il y ait une bonne circulation d'air à travers le tas.

QUELS FONGICIDES UTILISER?

Le purin de prêle des champs, l'extrait de compost et la bouillie bordelaise peuvent être utilisés pour protéger les plants de pomme de terre contre le mildiou. Les informations concernant le purin de prêle et l'extrait de compost ne sont données qu'à titre indicatif, car les recherches doivent être poursuivies pour confirmer leur efficacité. Quant à la bouillie bordelaise, elle fut le seul moyen de contrôle du mildiou recommandé au cours de la première moitié de ce siècle, et elle était reconnue pour son efficacité à protéger le feuillage des pommes de terre. Elle a été remplacée par des produits plus élaborés mais aussi plus simples à utiliser.

La prêle des champs (*Equisetum arvense*) est riche en silice, ce qui a



pour effet de stimuler le système de défense des plants contre les maladies fongiques. La prêle semble stimuler la circulation dans les cellules extérieures des végétaux, permettant la cicatrisation rapide des blessures. Ce n'est pas un poison mais un stimulant pour la santé des plantes.

On cueille la prêle vers la fin juin ou le début juillet, tôt le matin, après que la rosée est évaporée. On cueille uniquement la partie supérieure (verte et branchue), et non les tiges souterraines ni les racines. On peut faire sécher la plante pour une utilisation ultérieure. Le purin est préparé en remplissant la moitié d'un baril avec la plante fraîche que l'on compresse légèrement, et on comble le tout avec de l'eau. Le mélange est brassé une fois par jour pendant 5 à 7 jours. Le purin est ensuite filtré, dilué 1:10 et pulvérisé sur les plants, le matin, avant que les rayons du soleil ne deviennent trop chauds. Une première application sera faite au début de la saison de croissance, lorsque les plants n'auront pas encore atteint leur plein développement (20 à 25 cm). Le traitement devrait se poursuivre tout au long de la saison à intervalles réguliers.

L'extrait de compost aurait un effet fongistatique et combattrait efficacement le mildiou, selon des recherches actuellement en cours en Europe. Un compost où l'activité biologique est intense contiendrait des micro-organismes qui s'attaquent au champignon responsable du mildiou. Aucune recherche n'a été effectuée à ce propos sous le climat québécois, mais cet extrait, s'il ne peut combattre efficacement le mildiou, ne peut que stimuler la croissance des pommes de terre avec tous les minéraux et micro-organismes qu'il contient. On prépare l'extrait en mettant une partie de compost mature dont l'efficacité microbiologique est intense dans un contenant et on y ajoute 9 parties d'eau. Agiter quotidiennement et laisser macérer pendant 7 jours. Diluer ensuite 1:10 et pulvériser sur le feuillage, le matin, par temps sec. Comme pour la prêle, la première application se fera lorsque les plants auront environ 20 cm de hauteur. Les applications se poursuivront à intervalles réguliers par la suite.

Afin d'augmenter l'adhérence sur le feuillage du purin de prêle et de l'extrait de compost, un adjuvant naturel (huile de canola, Nu Film 17^{MC}, Basic-H^{MC}) ou un extrait d'algues peuvent être ajoutés à la solution.

La bouillie bordelaise est préparée en remplissant la moitié du réservoir avec de l'eau, en y ajoutant le sulfate de cuivre et en mettant l'agitateur en marche. On dilue ensuite la chaux hydratée à vaporiser dans un contenant avec un peu d'eau et on verse le tout dans le réservoir dont l'agitateur est toujours en marche. On finit de combler avec l'eau. Précisément, les quantités à respecter sont : 10 kg de sulfate de cuivre, 10 kg de chaux hydratée pour 1000 litres d'eau ou, si vous préférez, 10 lbs de sulfate de cuivre, 10 lbs de chaux hydratée pour 100 gallons d'eau. La chaux hydratée à vaporiser est plus facile à solubiliser que la chaux hydratée ordinaire. Ne mélangez pas la chaux avant le sulfate de cuivre, car de cette façon, il y aurait précipitation et les agglomérats boucheraient les buses du pulvérisateur.

La bouillie bordelaise agit en protection , par conséquent on veillera à bien couvrir tout le feuillage. Les applications se feront en fonction des risques de développement du mildiou, à des doses variant de 600 à 1000 litres par hectare selon la densité du feuillage. La façon la plus efficace de connaître ces risques est de prendre contact avec le réseau d'avertissement phytosanitaire du Québec.

AUTRES MALADIES FONGIQUES

Plusieurs autres maladies fongiques vont s'attaquer à la pomme de terre soit pendant la période de croissance, soit pendant l'entreposage.

Principales maladies fongiques s'attaquant aux pommes de terre pendant la période de croissance :

- **la brûlure alternarienne ou brûlure hâtive**
elle sera contrôlée en même temps et de la même façon que le mildiou;
- **la rhizoctonie**
l'achat de semence saine et la rotation sont les meilleures façons de la contrôler;
- **la gale poudreuse**
pour la contrôler, il faut maintenir un bon taux d'humidité dans le sol au grossissement des tubercules et bien composter les fumiers des animaux qui auraient mangé des pommes de terre infectées; notez bien que deux sortes de gale attaquent les tubercules : l'une est causée par un champignon (gale poudreuse) et l'autre par une bactérie (gale commune); souvent, les deux sont présentes en même temps; la gale poudreuse est caractérisée par des petits points blancs sur la peau du tubercule au début de l'infestation.

Principales maladies fongiques s'attaquant aux pommes de terre pendant lentreposage :

- la pourriture sèche fusarienne,
- la pourriture phoméenne,
- la tache argentée.

On peut exercer un certain contrôle sur ces maladies en achetant de la semence saine, en assurant de bonnes conditions dentreposage (température, humidité relative et circulation dair) et en évitant de blesser les tubercules lors des manipulations.

MALADIES VIRALES

Les maladies virales peuvent être transmises par les insectes broyeurs et suceurs (cicadelle et puceron surtout), par les blessures mécaniques et par la semence. Une personne avertie pourra remarquer les symptômes de ces maladies sur le feuillage tandis quils passeront totalement inaperçus pour dautres. Ces maladies n'affectent en rien le goût des pommes de terre ni la santé humaine, mais elles réduisent les rendements. Les plants qui en sont affectés produiront moins de tubercules et ces derniers seront plus petits que la normale; parfois même, ils seront difformes.

Principales maladies virales :

- l'enroulement,
- les mosaïques,
- la filosité.

Pour protéger les récoltes de ces maladies, il faut se procurer des semences saines, éviter de trancher les tubercules pour la plantation et protéger ses champs des insectes ravageurs.

MALADIES BACTÉRIENNES

Principales maladies bactériennes :

- le flétrissement bactérien,
- la jambe noire,
- la gale commune,
- la pourriture molle bactérienne.

Les maladies bactériennes, quant à elles, sont transmises par les semences, les blessures mécaniques et un sol préalablement contaminé (les bactéries survivent dans

les matières organiques du sol). La plus dévastatrice est, sans contredit, le **flétrissement bactérien**. Seul un œil averti peut reconnaître les symptômes sur le feuillage (ils apparaissent vers la mi-août). Par contre, la pourriture de lanneau vasculaire du tubercule avec production dun liquide crémeux est très caractéristique et facilement reconnaissable. Cette maladie entraîne de lourdes pertes au champ et en entrepôt, à tel point quil n'est pas recommandé dentreposer une récolte atteinte du flétrissement bactérien. Surtout, il ne faut pas l'utiliser comme semence. Les producteurs de semence voient toute leur production de lannée rejetée si cette maladie est découverte dans un de leurs champs. Ils doivent alors repartir à neuf leur production.

Comme la bactérie responsable du flétrissement bactérien survit dans le sol, il faut, pour s'en protéger :

- se procurer de la semence certifiée;
- bien laver et désinfecter les entrepôts et la machinerie, y compris les équipements loués ou empruntés;
- ne pas réutiliser les sacs de pommes de terre;
- ne pas permettre aux transporteurs de pommes de terre de dépoussiérer leur camion sur la ferme.

La **gale commune** ne provoque pas de pourriture comme la plupart des autres maladies bactériennes, mais plutôt des gales brunâtres et liègeuses sur la peau des tubercules. Il n'y aura aucun symptôme sur le feuillage. Lorganisme responsable de la gale survit dans le sol, sur les matières organiques en décomposition et parfois sur les racines des autres plantes. Presque tous les sols à pommes de terre en sont affectés.

Les meilleures façons de réduire au maximum les atteintes de la gale sont :

- faire de longues rotations;
- éviter le fumier frais;
- appliquer les amendements calcaires une ou plusieurs années avant la culture de pomme de terre
- remplacer lorge par une autre céréale dans les champs en rotation avec les pommes de terre;
- maintenir un bon taux dhumidité dans le sol pendant la tubérisation et le grossissement des tubercules (irriguer au besoin).

BIBLIOGRAPHIE

AUBUDON SOCIETY, Field Guide to North American Insects & Spiders, New York, 4^e éd., Alfred A. Knoph inc., 1986 (reprod. de l'éd. de 1980), 992 p.

BILLARD, A., 1988, Comment lutter contre le doryphore, Fiche Conseil, Groupe-conseil en agriculture biologique (G.R.A.B.), Les Taillades, 84300 Cavaillon, 4 p.

BOITEAU, G. & J.P.R. LE BLANC, 1992, Stades du cycle vital du doryphore de la pomme de terre, Ottawa, Agriculture Canada, publication 1878/F, 14 p.

BOITEAU, G., 1991, Integrated Insect Pest Management, Sustainable Agriculture and the Potato Crop, Agriculture Canada Research Station, Fredericton. N.B., pp. 64-76.

BOITEAU, G., Y. PELLETIER & G. BERNARD., 1991, Trench Warfare : Trapping Device for Colorado Potato Beetle, Entomology Program, Fredericton Research Station, Agriculture Canada.

BRISSON, J.D. et al., 1992, Les insectes prédateurs, des alliés dans nos jardins, Fleurs, Plantes et Jardins, coll. no. 1, 45 p.

BRUNELLE, A., 1998, communication personnelle

BRUNELLE, A. et al., 1996, « Le chaulage des sols », dans Cahier des conférences du colloque sur la Fertilisation intégrée des sols, CPVQ, pp 85-94.

CASAGRANDE, R.A., 1987, « The Colorado Potato Beetle : 125 Years of Mismanagement », dans Bulletin of Entomological Society of America, pp. 142-150.

CENTRE DE CONSERVATION DES SOLS ET DE L'EAU DU L'EST DU CANADA, 1993, Système de rotation des cultures dans la production de la pomme de terre au Canada atlantique, Grand Sault (N.B.), 33 p.

CESCAS, M. et al., 1996, « Importance du calcium, magnésium, potassium et soufre en fertilisation des cultures », dans Cahier des conférences du colloque sur la Fertilisation intégrée des sols, CPVQ, pp 95-115

CHAGNON, M. et A. PAYETTE, 1990, Modes alternatifs de répression des insectes dans les agro-systèmes québécois, tome 3 : Agents biologiques, Québec, ministère de l'Environnement et Centre québécois de valorisation de la biomasse, 105 p.

CHALIFOUR, F., « Utilisation des bâches à compost » dans Bio-bulle, vol. 8, no. 3, pp. 28-29

CHAREST, C., 1993, « Élaboration d'un programme de fertilisation » dans Cahier des conférences du colloque sur la pomme de terre : Une pomme de terre au cœur sensible, pp.85-94.

CHAREST,C., ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, 1992 - 1998, communications personnelles.

CLOUTIER, C., Université Laval, Québec, 1993 et 1998, communications personnelles.

COLLABORATION, 1996, Lutte intégrée contre le mildiou de la pomme de terre : Fiche technique, Série sur la lutte antiparasitaire durable, fiche technique S96-02, Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire, 1996.

COMITÉ DE LA POMME DE TERRE DE L'ATLANTIQUE, 1987, Guide de la pomme de terre du Canada Atlantique, Agdex 25#,#3, publication 1300/87, 47 p.

CONSEIL DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC (CPVQ), 1996, Estimation de l'activité biologique des sols, Bulletin technique no 23, AGDEX 508, 34 p.

CONSEIL DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC (CPVQ), 1996, Grilles de référence en fertilisation, AGDEX 540, 128 p.

CONSEIL DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC (CPVQ), 1995, Sols : Coefficients d'efficacité des engrains de ferme, Bulletin technique no 22, ADGEX 538, 18 p.

CONSEIL DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC (CPVQ), 1992, Gestion de la matière organique à la ferme, Bulletin d'information 02-9205, 34 p.

CONSEIL DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC (CPVQ), 1992, Pomme de terre : Culture, AGDEX 161/20, 64 p.

- CONSEIL DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC (CPVQ), 1991, Pomme de terre : Protection, AGDEX 161/605, 56 p.
- COOK, J., 1991, « Nature's Own Pest Control : Beneficial Insects », dans Organic Gardening, vol. 38, no.5, pp. 36-40.
- DAVIDSON, R.H. & W.F. LYON, 1987, Insects Pests of Farm, Garden and Orchard, New York, 8^e éd., John Wiley & Sons, 640 p.
- DUCHESNE, R.M. & G. BOITEAU, Nouvelles perspectives sur les moyens de lutte mécaniques, physiques et cultureaux contre le doryphore de la pomme de terre, Québec, Service de recherche en phytotechnie de Québec, M.A.P.A.Q. et Station de recherche Agriculture Canada, Frédéricton (N.B.)
- DUCHESNE, R.M. & C. JEAN, 1992, Essai de M-One et de M-Trak contre le doryphore de la pomme de terre, La Recherche horticole au Canada, 1 p.
- DUCHESNE, R.M. & C. JEAN, 1990 et 1991, Stratégies d'intervention contre le doryphore de la pomme de terre au Québec, Conseil canadien d'horticulture.
- DUCHESNE, R.M. & C. JEAN, 1992, Incidence de l'utilisation des bâches sur le comportement du doryphore de la pomme de terre et moyens de lutte, Rapport final, Québec, Service de phytotechnie de Québec, MAPAQ, 66 p.
- DUCHESNE, R.M. & C. JEAN, 1991, Brûleur au propane et doryphore de la pomme de terre, Rapport final, Québec, MAPAQ, 60 p.
- DUVAL, J., 1990, La Culture écologique de la pomme de terre, Conseil des coopératives de l'Outaouais, 80 p.
- FERRO, D. & R. HAZZARD. Commercial Use of Bio-insecticides for Controlling the Colorado Potato Beetle, Integrated Pest Management, Cooperative extension, University of Massachusetts, AG-577 :11/89-5M.
- GARIÉPY, C.M., A. LAROCHELLE et Y. BOUSQUET, 1977, Guide photographique des Carabidæ de Québec, Rigeau, Cordulia Supplément 2, 134 p.
- FRADETTE, G., 1995, « Qu'est-ce que le mildiou? Biologie et développement », dans Cahier de conférences du colloque Le Mildiou d'hier à aujourd'hui, Institut technique de la pomme de terre de transformation du Québec, pp. 38-46.
- FRASER, N., 1998, Culture biologique de la pomme de terre, Rapport final, Projet EE-130, Essai et expérimentation en agroalimentaire, Agriculture et agroalimentaire Canada, 60 p.
- GILKESON, L. & J. GROSSMAN, 1991, « The Organic Gardening Guide to Important Beneficial Insects and Mites of North America », dans Organic Gardening, vol 38, no.5, pp. 46-53.
- GILL, J., 1997, « La méthode thermique en production de pomme de terre : qu'en est-il? », dans Bio-bulle, vol. 9, no. 2, pp. 16-18.
- GIROUX, M., 1998, communication personnelle
- GIROUX, M., D. BERNIER et C. ÉMOND, 1996, « Utilisation agronomique et environnementale judicieuse des engrains phosphatés selon les caractéristiques des sols et des engrains », dans Cahier de conférences du colloque sur la Fertilisation intégrée des sols, CPVQ, pp 49-64.
- GIROUX, M., A. N'DAYEGAMIYE et T.S. TRAN, 1992, « Évaluation de la fertilité azotée des sols » dans Agrosol, MAPAQ, décembre 1992, vol. 5, no. 2, pp 10-16.
- JOBIN, P. et Y. DOUVILLE, 1997, Engrais verts et cultures intercalaires, Centre de développement d'agrobiologie, 20 p.
- LAFERRIERE, L., 1995, « Historique des souches A1 et A2. Situation en Europe, USA, Canada, Québec », dans Cahier de conférences du colloque Le Mildiou d'hier à aujourd'hui, Institut technique de la pomme de terre de transformation du Québec, pp. 47-53
- LAFRANCE, D., 1991, Gestion des mauvaises herbes, CEGEP de Victoriaville et Centre de développement d'agrobiologie du Québec, 54 p.
- LANGLAIS, G., 1993 communication personnelle
- LAROCHELLE, A, 1984, Les punaises terrestres (Hemiptères : Geocorises) du Québec, Fabreries Supplément 3, 513 p. (Association des entomologistes amateurs du Québec, Sillery, Québec).
- LEMAY, M., 1994, Pomme de terre, pour une gestion optimale des ressources, Syndicat des producteurs de pommes de terre de la région de Québec, 50 p.
- Frère MARIE-VICTORIN, 1964, La Flore Laurentienne, Montréal, 2^e éd., Les Presses de l'Université de Montréal, 1964, 927 p.

MILLETTE, P., 1992, Les Engrais verts d'automne, Sujets spéciaux en biologie végétale, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval, 32 p.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC, 1993, Répertoire des produits biologiques utilisés en horticulture, Institut de technologie agro-alimentaire de La Pocatière, s.p.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC, 1990, Journées d'information sur la conservation des sols et de l'eau, Saint-Hyacinthe, 56 p.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE DU NOUVEAU-BRUNSWICK, 1993, Variétés de pommes de terre au Canada, AGDEX 161/33, 130 p.

MONTFORT, B., 1987, La technique des engrais verts, dossier technique no 6/87, CARAB, Belgique, 60 p.

N'DAYEGAMIYE, A. et al., 1996, « Gestion des autres amendements organiques », Cahier des conférences du colloque sur la Fertilisation intégrée des sols, CPVQ, pp. 161-176.

OLKOWSKI, W., N. SAIKI & S. DAAR, 1992, IPM Options for Colorado Potato Beetle, Berkeley, The IPM Practitioner, Monitoring the Field of Pest Management, Special Report, vol. XIV, no. 9, pp. 1-21

PAINCHAUD, J., 1997, « La gestion de l'azote dans les pommes de terre », dans Cahier des conférences du colloque sur la Pomme de terre : cultiver la précision, CPVQ, pp. 41-54.

PAINCHAUD, J., 1995, « La régie de mon sol et de ma production », dans Cahier des conférences du colloque sur la pomme de terre : La régie personnalisée : une formule gagnante, CPVQ, pp. 7-20.

PETIT, J., P. JOBIN, D. LAFRANCE, 1990, La gestion des matières organiques, Centre de développement d'agrobiologie du Québec, 76 p.

PETTERSSON, B.D. et E.v. WISTINGHAUSEN, 1979, Organic, biodynamic and conventional cropping systems : A long term comparison, Mt. Vernon, W. F. Brinton Jr., Woods End Agricultural Institute, 44 p.

PONCAVAGE, J., 1991, « Beneficial Borders », dans Organic Gardening, vol. 38 no. 5, pp. 42-45.

ROBITAILLE, R., 1998, communication personnelle

ROBITAILLE, R., 1994, « Composter ou non vos fumiers ? À vous de choisir. » dans Le producteur de lait québécois, février 1994, pp. 22-25.

ROBITAILLE, R., 1990, Essai d'engrais verts d'automne, Centre d'agriculture biologique de La Pocatière en collaboration avec le Centre de développement d'agrobiologie du Québec, 15 p.

ROBITAILLE, R., 1989, « La fertilisation en agriculture biologique », dans AGRICULTURE, automne 1989 - hiver 1990, pp. 15-18.

SCHMID, O. & S. HENGGELE, 1988-1989, Ravageurs et maladies du jardin - Les solutions biologiques, Paris, coll. « Les quatre saisons du jardinage », 248 p.

SIMARD, R.R., 1997, « La rotation dans la culture de la pomme de terre : est-ce bien nécessaire et rentable? », dans cahier des conférences du colloque sur la Pomme de terre : cultiver la précision, CPVQ, pp. 25-36.

SIMARD, R.R., 1996, « Influence des pratiques agricoles sur le devenir du phosphore du sol », dans Cahier des conférences du colloque sur la Fertilisation intégrée des sols, CPVQ, pp 65-74.

SOLTNER, D., 1989, Les bases de la production végétale : Le sol, Sainte-Gemmes sur Loire, collection « Sciences et techniques agricoles », 17^e éd., 468 p.

THE AMERICAN PHYTOPATHOLOGICAL SOCIETY, 1981, Compendium of potato diseases, APS Press, ed. W.J. Hooker, St. Paul, 125 p.

THE AMERICAN PHYTOPATHOLOGICAL SOCIETY, 1993, Potato health management; APS press, ed. Randall C. Rowe, 178 p.

TRUDELLE, M. et al., 1996, « Gestion des engrais de ferme », dans Cahier des conférences du colloque sur la Fertilisation intégrée des sols, CPVQ, pp 135-159

VINCENT, C. & D. CODERRE, 1992, La lutte biologique, Boucherville (Qc), Gaétan Morin éd., 672 p.

WELTZIEN, H.C., 1989, « Some effects of composted organic materials on plant health », Université de Bonn, publié dans Agriculture, Ecosystems and Environment, Amsterdam, 27 (1989), pp.439-446.

ANNEXE

La grille de fertilisation de la pomme de terre du C.P.V.Q. (1996) est un outil qui nous permet d'évaluer la fertilité de nos sols et qui nous guide quant aux quantités d'éléments minéraux à y ajouter. Cette grille a été établie en fonction d'un taux de matière organique de 3%. Elle ne tient pas compte de l'activité biologique du sol.

TABLEAU 14
GRILLE DE FERTILISATION DE LA POMME DE TERRE

AZOTE (N)			
Type de sol	Recommandation (kg N/ha)		
Sol sableux	135-175 selon les		
Sol loameux	125-150 cultivars		
PHOSPHORE (P)			
Analyse (kg P/ha)	Recommandation (kg P ₂ O ₅ /ha)		
Pauvre	0-50	230	
	51-100	215	
Moyen	101-150	190	
	151-200	145	
Bon	201-300	105	
Riche	301-400	65	
Excessivement riche	401 et +	30	
POTASSIUM (K)			
Analyse (kg K/ha)	Recommandation (kg K ₂ O/ha)		
Pauvre	0-75	240	
	76-150	215	
Moyen	151-225	160	
	226-300	120	
Bon	301-375	80	
Riche	376-450	50	
Excessivement riche	451 et +	20	
MAGNÉSIUM (Mg)			
Analyse (kg Mg/ha)	K ₂ O appliqué (kg/ha)		
	100	170	225
	Recommandation (kg Mg/ha)		
0-25	40	50	60
26-100	20	30	40
101 et +	0	10	20

Source : Grilles de référence en fertilisation, CPVQ, 1996 (AGDEX 540).

ÉQUIVALENCES	MÉTHODE SIMPLIFIÉE
$P_2O_5 \times 0,4369 = P$	$K_2O \times 0,8302 = K$
$P \times 2,2886 = P_2O_5$	$K \times 1,2046 = K_2O$

DE CONVERSION DES PPM EN kg/ha

ppm x 2,24 = kg/ha

